

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Report, Published Version

Seiß, Guntram; Hesser, Fred; Gerull, H.; Shustikova, Iuliia

Resilience-Increasing Strategies for Coasts - toolKIT (RISC-KIT). FuE-Abschlussbericht B3955.03.04.70213

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106567>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2017): Resilience-Increasing Strategies for Coasts - toolKIT (RISC-KIT). FuE-Abschlussbericht B3955.03.04.70213. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.

Verwertungsrechte: Alle Rechte vorbehalten

FuE-Abschlussbericht
Resilience-Increasing Strategies
for Coasts - toolKIT (RISC-KIT)

B3955.03.04.70213



RISC-KIT
RESILIENCE-INCREASING
STRATEGIES FOR COASTS - TOOLKIT
WWW.RISCKIT.GU

Oktober 2017

**FuE-Abschlussbericht
Resilience-Increasing Strategies
for Coasts - toolKIT (RISC-KIT)**

Beginn des Vorhabens: November 2013

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. B3955.03.04.70213

Aufgestellt von: Abteilung: Standort Hamburg
 Referat: Ästuarsysteme II (K3)
 Projektleiter: Dr. G. Seiß
 Bearbeiter: Dr. G. Seiß, F. Hesser, H. Gerull, I. Shustikova

Hamburg, Oktober 2017

Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.

Zusammenfassung

Innerhalb des EU-Projektes RISC-KIT wurden sehr unterschiedliche Tools zur Risikominimierung bei Hochwasserereignissen entwickelt und in 11 Fallstudienregionen getestet. Die Bundesanstalt für Wasserbau hat im Projekt die Fallstudienregion „Kieler Förde“ stellvertretend für ein Beispiel in der Westlichen Ostsee bearbeitet.

Im vorliegenden Bericht werden die Tools kurz dargestellt und aus Sicht des Betreuers der Fallstudienregion eine Bewertung der Tools im Hinblick auf ihre derzeitige Anwendbarkeit in der Praxis innerhalb der Fallstudienregion gegeben.

Als für die Praxis in der bisher entwickelten Form noch nicht geeignetes Tool für die Fallstudienregion wurde die Methodik „Coastal risk assessment framework“ bewertet, da hier hohe Anforderung an Verfügbarkeit, Aktualität und Qualität der Eingangsdaten stellt und ein standardisierter Weg zur Verarbeitung der Daten nur teilweise vorgezeichnet wird. Diese Kriterien müssen jedoch von den Daten zwingend erfüllt werden, soll ein solches Werkzeug in der Praxis eingesetzt werden.

Als vom Ansatz her praktikable Tools im Rahmen des Risikomanagements im Hinblick auf Sturmhochwasser an der Ostsee werden die folgenden Tools gesehen:

- „Impact oriented database“
- „Flood early warning system“ (FEWS)
- „Multi criterial analysis“
- „Web based management guide“

Durch die interdisziplinäre und EU-weite Ausrichtung des Projektes RISC-KIT ergaben sich für die BAW viele neue Herausforderungen und Erfahrungen. Einerseits können aufgrund der interdisziplinären Ausrichtung nicht in allen Bereichen vertiefte Erkenntnisse entstehen, da jeder Projektpartner durch seine fachliche Spezialisierung nur einen Teil der Fachmethoden kennt und nutzen kann. Andererseits erweitert das Projekt die Sicht auf das eigene Fachgebiet durch den Kontakt mit anderen Fach-Disziplinen.

Die Ergebnisse des Projektes zur Fallstudienregion Kiel sind in die Berichte des Projekt-Consortiums an die Europäische Kommission eingeflossen.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Problemdarstellung und Ziel	1
1.1	Wissenschaftliche Fragestellung	1
1.1.1	Die Grundidee und die Struktur von RISC-KIT	1
1.2	Bedeutung für die WSV	3
1.3	Die Fallstudienregion Kieler Förde	4
1.3.1	Potentielle Endnutzer in der Fallstudienregion	4
1.4	Untersuchungsziele	5
2	Stand des Wissens	6
2.1	Hydrologische Bedingungen in der Fallstudienregion	6
2.2	Datengrundlage und deren Verfügbarkeit	7
2.2.1	Topografie / Bathymetrie	7
2.2.2	Meteorologische Daten	8
2.2.3	Wasserstände	8
2.2.4	Seegang	9
2.2.5	Menschen und Objekte und deren Gefährdung	9
2.3	Beobachtete Verletzlichkeiten	10
2.3.1	Personenschäden	10
2.3.2	Sachschäden	10
3	Die RISC-KIT-Werkzeuge, deren Anwendung und Bewertung der praktischen Einsetzbarkeit in der Fallstudienregion	13
3.1	Das Werkzeug „Impact oriented database for case study regions“	13
3.1.1	Inhalte für die Fallstudienregion Kieler Förde	15
3.1.2	Bewertung des Werkzeuges für die Fallstudien-Region	16
3.2	„Coastal Risk Assessment Framework“ (CRAF)	17
3.2.1	CRAF Phase 1	18
3.2.2	CRAF Phase 2	19
3.2.3	Bewertung der Methode für die praktische Einsetzbarkeit in der Fallstudienregion	19
3.3	„Flood Early Warning System (FEWS)“	21
3.3.1	Aufbau des Kieler-Förde-FEWS	21
3.3.2	Modellvalidierung	23
3.3.3	Bewertung der Einsetzbarkeit des FEWS-Systems in der Fallstudien-Region	24
3.4	Multi-Criterial Analysis (MCA) Workshop	25
3.4.1	Praktische Durchführung in der Fallstudienregion	25
3.4.2	Bewertung der Einsetzbarkeit des MCA-Verfahrens	26
3.5	Web-based Management Guide	27
3.5.1	Aufbau des Web-based Management Guide	27
3.5.2	Bewertung des Werkzeuges	28
4	Indirekte Ergebnisse des Projektes	29

5	Literaturverzeichnis	1
---	----------------------	---

Bildverzeichnis		Seite
Bild 1	Übersicht über die Orte der Partner-Institutionen in RISC-KIT (Punkte) und der betrachteten Fallstudienregionen in Europa (Sterne).	3
Bild 2	Die Region Kieler Förde/Eckernförder Bucht in der Übersicht. Luftbild: http://sg.geodatenzentrum.de/web_dop_viewer/dop_viewer.htm .	5
Bild 3	Beispiel eines zeitlichen Verlaufes des Wasserstandes während einer Sturmflut. Die beteiligten Prozesse wurden farblich hervorgehoben.	7
Bild 4	Restaurant und Strandbar am Ostufer der Kieler Förde zwischen Stein und Laboe. Foto: G. Seiß, 2015	11
Bild 5	Geplante, zum Teil realisierte Ferienhausanlage in Wendtorf-Strand. Ausschnitt eines Plans, abgebildet in einem Katalog auf http://www.ostseeferienpark-marinawendtorf.de .	11
Bild 6	Schäden im Olympiahafen Kiel-Düsternbrook an Yachten und Hafenanlagen. Fotos: T. Sävert (http://www.naturgewalten.de/1989kiel_fotos.htm).	12
Bild 7	Situation in Marina Wendtorf nach dem „Wendtorf-Orkan“ 1989. Bilder: O. Hartmann (Boots-Angler-Club E.V., 2009)	12
Bild 8	Überflutung auf dem Campingplatz Wulfener Hals, Fehmarn am 28.08.1989. Einzelbild aus: https://www.youtube.com/watch?v=ZIFeszDfcv8 .	13
Bild 9	Nutzer-Portal mit interaktiver Karte und Ereignisliste unter http://risckit.cloudapp.net/risckit/#/map .	14
Bild 10	Beim Klicken auf ein Bild-Icon auf der Karte öffnet sich das Bild und kann dann heruntergeladen werden.	15
Bild 11	„coastal index“ für die Gefahr der Überflutung bei einem Ereignis mit 17 Jahren Wiederkehrperiode.	18
Bild 12	Modellgebiet des Hydrodynamik-Modells mit seeseitigem Rand (rote Linie) und im Gebiet vorhandenen Pegelstationen.	22
Bild 13	Modellkette des EWS der Kieler Förde.	23
Bild 14	Visualisierung des modellierten (rote/grüne Linie) und gemessenen (grüne Punkte) Wasserstandes für das Hochwasser 1989 am Pegel Kiel-Holtenau.	24
Bild 15	Einstiegsseite des Web-based Management Guide	28

Tabellenverzeichnis		Seite
Tabelle 1	Beispiel einer MCA-Auswertungstabelle für die Region Kieler Förde.	26

1 Problemdarstellung und Ziel

1.1 Wissenschaftliche Fragestellung

Historische und aktuelle extreme Hochwasserereignisse mit niedriger Häufigkeit haben die Risiken aufgezeigt, denen exponierte Küstenregionen in Europa ausgesetzt sind (Baensch, 1875; Kling, 1989; Lefebvre and Haeseler, 2017; Neemann, 1994; Rosenhagen and Bork, 2009; ZG). Risiko kann als Produkt aus der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses und seiner Konsequenzen verstanden werden. Berücksichtigt man die Auswirkungen des Klimawandels, werden beide Faktoren in der Zukunft nach heutigem Wissenstand zunehmen.

Die Konsequenzen eines Flutereignisses setzen sich aus der Exponiertheit und der Dichte der Besiedelung und Bebauung zusammen. Letztere wächst mit der wirtschaftlichen Entwicklung einer Region. Die Empfindlichkeit einer Region steigt zudem, wenn beispielsweise unangemessene Bauweisen verwendet werden. Durch indirekte Zusammenhänge wirken sich Flutschäden auch auf das Hinterland und dessen Ökonomie aus.

Der Anstieg des Risikos entlang der Küsten erfordert eine Neubewertung der Katastrophenvorsorge und Risikomanagementstrategien (engl.: disaster risk reduction, DRR) und eine neue Mischung aus Prävention (z.B. Deichschutz/Objektschutz), Minderung (z.B. Begrenzung der Besiedelung/Nutzung hochwassergefährdeter Gebiete) und Vorsorgemaßnahmen (z.B. Frühwarnsysteme (EWS) sowie Managementstrategien). Bereitstehende Gelder aus Hochwasserversicherungen können zu einer schnelleren Erholung der betroffenen Regionen führen.

Auch sinkende öffentliche Budgets und eine wachsende Wertschätzung des ökologischen Wertes der Küstenregion machen in vielen Küstenregionen Europas eine Neubetrachtung und -bewertung von Ansätzen zur Risikoreduktion erforderlich. Hochwasserschutzmaßnahmen und DRR-Strategien müssen sich zukünftig im Einklang mit Umweltbelangen, wirtschaftlichen Nutzungen, den Interessen der lokalen Bevölkerung und Tourismus bewegen und werden hinsichtlich des Kosten-/Nutzenverhältnisses hinterfragt.

1.1.1 Die Grundidee und die Struktur von RISC-KIT

RISC-KIT wurde als interdisziplinäres EU-Forschungsprojekt unter FP7 (Grant Agreement Number 603458) gefördert. Ziel von RISC-KIT war es, Werkzeuge zu entwickeln, die Verantwortlichen Entscheidungsträgern (Managern, Behörden, Politik) in der Küstenregion helfen können, die Risiken durch Überflutungsereignisse zu minimieren. Der im Deckblatt abgebildete, gelbe Werkzeugkoffer als Logo des Projektes soll dies symbolisieren.

In RISC-KIT soll DRR als integrierte Kette von Aktionen betrachtet werden. Diese Kette beginnt mit dem Verständnis der gegenwärtigen und historischen Situation im Kontext mit einer Region und führt über die Beurteilung des Küstenrisikos für gegenwärtige und zukünftige Gefährdungswahrscheinlichkeiten, Identifizierung kritischer (Hot-Spot-) Bereiche höheren Risikos zu der Bewertung von möglichen DRR-Maßnahmen einschließlich Prävention, Eindämmung von Risiken und Vorsorgemaßnahmen (wie EWS), um die Risiken zu reduzieren sowie den Aufbau von Vertrauen und gesellschaftlicher Akzeptanz für solche Maßnahmen. Auf diese Weise kann eine wirksame Katastrophenvorsorge mit einer starken gesellschaftlichen Basis erreicht werden und wird Teil der Kultur. Die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, um Risiken zu verringern und die Widerstandsfähigkeit der Küstenregionen zu erhöhen, erfordert einen interdisziplinären Ansatz. Durch das Zusammenwirken der 18 Projektpartner- aus unterschiedlichen Küstenregionen und Fakultäten entsteht ein konstruktiver Wissensaustausch über die Thematik. Folgende Institutionen waren in das RISC-KIT-Consortium als Partner eingebunden (zur Orientierung dient die Karte in Bild 1):

1. [Stichting Deltares](#), Delft, Niederlande
2. [Ecologic Institute](#), Berlin, Deutschland
3. [Conorzio Ferrara Ricerche](#), Ferrara, Italien
4. [University of Algarve](#), Faro, Portugal
5. [International Marine and Dredging Consultants](#), Antwerpen, Belgium
6. [Institute of Oceanology](#), Varna, Bulgarien
7. [Littoral ENvironnement et Sociétés UMR 7266](#), La Rochelle, Frankreich
8. [Delft University of Technology](#), Delft, Niederlande
9. [World Meteorological Organisation](#), Genf, International
10. [Universitat Politècnica de Catalunya](#), Barcelona, Spanien
11. [CIMA Research Foundation](#), Savona, Italien
12. [Bundesanstalt für Wasserbau](#), Dienststelle Hamburg, Deutschland
13. [EurOcean Foundation](#), Lissabon, Portugal
14. [Stockholm Environment Institute](#), Stockholm, Schweden
15. [Middlesex University, Flood Hazard Research Center](#), London, Vereinigtes Königreich
16. [University of Caen](#), Caen, Frankreich
17. [University of Cambridge, Cambridge Coastal Research Unit](#), Cambridge, Vereinigtes Königreich
18. [UNESCO-IHE Institute for Water Education](#), Delft, International.



Bild 1 Übersicht über die Orte der Partner-Institutionen in RISC-KIT (Punkte) und der betrachteten Fallstudienregionen in Europa (Sterne).

In zehn Fallstudienregionen wurden die in RISC-KIT entwickelten Methoden getestet und im Laufe des Projektes weiterentwickelt (Bild 1). Die Bundesanstalt für Wasserbau war für die Bearbeitung und Betreuung der Fallstudienregion Kieler Förde zuständig.

1.2 Bedeutung für die WSV

Die Wasser- und Schifffahrtsämter (WSÄ) sind über das Meldewesen in den Katastrophenschutz bei Hochwasserereignissen eingebunden. Weiter sind die WSÄ für die Genehmigung wasserbaulicher Anlagen und deren Unterhaltung, dazu zählen u.a. auch Hafenanlagen für Sportboote (Marinas) und Fischerei-Kleinfahrzeuge, zuständig. Die Beurteilung der Hochwassersicherheit solcher Anlagen und deren Resilienz gegenüber im Revier vorhandener natürlicher Variabilität des Wasserstandes sowie gegenüber Belastung durch Seegang kann Bestandteil des Genehmigungsprozesses darstellen, sofern geeignete Kriterien und Bewertungsmethoden bereit stehen. Die im Projekt erarbeiteten Werkzeuge können den Ämtern helfen, frühzeitig gezielte Warnungen an betroffene Gemeinden weiter zu leiten oder Defizite in der Infrastruktur zu erkennen.

Ereignisse wie das Sturmhochwasser 1989 (Neemann, 1994) in der westlichen Ostsee können unter bestimmten Voraussetzungen erhebliche Schäden bei der Kleinschifffahrt (Fischerei- und Freizeitfahrzeuge) sowie an Hafenanlagen und deren Infrastruktur verursachen. Gesunkene Fahrzeuge können Zufahrten zu Hafenanlagen blockieren, Treibgut kann zu Behinderungen im

Schiffsverkehr führen. Auch führen Katastrophen dieser Art temporär zu einer erhöhten Umweltbelastung durch das Freisetzen von Schadstoffen (Kraftstoffe, Öle).

Eine Minimierung der von den genannten Extremereignissen ausgehenden Risiken hilft somit, die Sicherheit der Wasserstraßen, Häfen und Gewässer zu verbessern und ist daher im öffentlichen Interesse.

Das Projekt RISC-KIT kann dabei helfen, den Wissensschatz über die Wirkung von extremen Wasserspiegelauslenkungen in der Ostsee auf Schifffahrtswege und Hafenanlagen zu erweitern und moderne Lösungsansätze für den künftigen Umgang mit Hochwasser-Risiken in der Praxis zu erarbeiten oder zu verbessern. Innerhalb des Projektes wurden Tools entwickelt, die im Planungsprozess konkreter Maßnahmen deren Wirkung einschätzen oder während eines Ereignisses Verantwortliche im Entscheidungsprozess unterstützen können.

Die Bundesanstalt für Wasserbau ist als Fachgutachter der WSV im Rahmen von Planfeststellungsverfahren in die Begutachtung von Bauvorhaben in den Küstengewässern der Ostsee eingebunden. In diesem Zusammenhang ist eine der Fragestellungen die Beurteilung Hochwasserneutralität solcher Bauvorhaben. RISC-KIT hilft hier beim Verständnis der Zusammenhänge zwischen den Naturereignissen und den Risiken für Infrastrukturen und Menschen an der Küste. Durch den interdisziplinären Ansatz vermittelt das Projekt zudem ein besseres Verständnis für die Wechselwirkungen zwischen Menschen und ihrer Umwelt im Küstenraum.

1.3 Die Fallstudienregion Kieler Förde

Als deutsche Fallstudienregion wurde innerhalb des Projektes die Kieler Förde gewählt. Zentrum der Region ist die Landeshauptstadt Kiel, die Bedeutung als Hafenstadt, Werftstandort, Wasserstraßenverkehrsknoten, Veranstaltungsort zahlreicher Veranstaltungen, Wassersportzentrum und Touristikmagnet hat. Das Umland ist beliebtes Urlaubsziel in der warmen Jahreszeit (April bis Oktober). Aus den ehemaligen Fischerdörfern haben sich moderne Urlaubsorte mit Kurbetrieb, Wassersport und anderen Freizeitangeboten entwickelt. Die ehemaligen Fischerhäfen wurden zu Sportboothäfen entwickelt. Entlang der Küste haben sich Campingplätze angesiedelt. Die in der Region überwiegenden Sandstrände werden überwiegend bewirtschaftet (Strandkorbverleih, Bootsvermietungen, Kioske).

Hinsichtlich der hydrologischen und geologischen Bedingungen bildet die Küstenregion „Kieler Förde/Eckernförder Bucht“ eine Einheit, die durch die beiden nacheinander entstanden Förden geprägt ist.

1.3.1 Potentielle Endnutzer in der Fallstudienregion

Als unterstützende, potentielle Endnutzer des Projektes in der Region konnten die folgenden Organisationen gewonnen werden:

1. [Sporthafen Kiel GmbH](#) als größter, privater Sporthafenbetreiber der Region Kieler Förde und
2. der [Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein](#).

Im Laufe des Projektes konnten Kontakte zu weiteren möglichen Endnutzern hergestellt werden, die sich zum Großteil durch Bereitstellung von Informationen, aber auch durch Teilnahme an einem Workshop einbrachten. So konnten die implizit angestrebten Projekt-Ziele, geeignete Endnutzer in das Projekt aktiv einzubinden und das Projekt in der Region bekannt zu machen, umgesetzt werden.



Bild 2 Die Region Kieler Förde/Eckernförder Bucht in der Übersicht. Luftbild:
http://sg.geodatenzentrum.de/web_dop_viewer/dop_viewer.htm.

1.4 Untersuchungsziele

Die von den Projektpartnern erarbeiteten Werkzeuge zur Risikominimierung sollten auf die Fallstudienregion angewendet und auf ihre Brauchbarkeit getestet werden. Die Tools sind im Einzelnen:

1. „impact-oriented database for the case study sites“ (Wirkungsorientierte Datenbank für die Fallstudienregionen). Diese Datenbank beinhaltet wesentliche Informationen zu historischen Flutereignissen und deren Wirkungen in kompakter Form.

2. „coastal risk assessment framework“ (Methodik zur Ermittlung des Risikos an der Küste). Diese Methode dient der Ermittlung von Schwerpunkten der Risikoverteilung für Flutereignisse mit vorgegebener Eintrittswahrscheinlichkeit.
3. „Flood Early Warning System“ (Flut-Frühwarnsystem). Dieses Werkzeug kann sowohl in der kurzfristigen Beurteilung einer Situation vor und während eines Flutereignisses, als auch zur Bewertung der Wirkung von Risikominimierungsmaßnahmen eingesetzt werden.
4. „multi criterial analysis“ (Multi-Kriterien-Analyse). Diese Methode dient der Ermittlung der Einschätzung von Maßnahmen innerhalb der betroffenen Stakeholder-Gruppen.
5. „Web-based management guide“ (Web-gestützter Management Ratgeber). Dieses Tool liefert web-basiert Managern in Küstenregionen Hinweise zur Risikovorsorge gegen Flutereignisse.

Während der Entwicklungsphase der Tools lieferten die Projektpartner, die für die Fallstudienregionen zuständig waren, Informationen und Ideen, die bei der Entwicklung berücksichtigt werden sollten oder nötig waren und passten die Werkzeuge an die Erfordernisse der Region an..

2 Stand des Wissens

2.1 Hydrologische Bedingungen in der Fallstudienregion

Die westliche Ostsee und damit auch die Region Kiel sind geprägt durch Schwankungen des Wasserstandes, die wesentlich auf singulären Windereignissen beruhen. Die Risiken für die Region ergeben sich durch Sturmhochwasser. Dem durch Sturm auf gestauten Wasserstand kann eine Beckenschwingung (Seiche) als Folge eines vorangegangenen Niedrigwasserereignisses überlagert sein. Zudem wird in der Region Kiel noch ein halbtägiges Tidesignal zwischen 0,15 und 0,2 Metern beobachtet. Eine regionale Besonderheit stellen die Eigenschwingungen der Fjord-Konstellation „Kieler Förde / Eckernförder Bucht“ dar, die durch Windschwankungen höherer Frequenz angeregt werden kann (Bild 3).

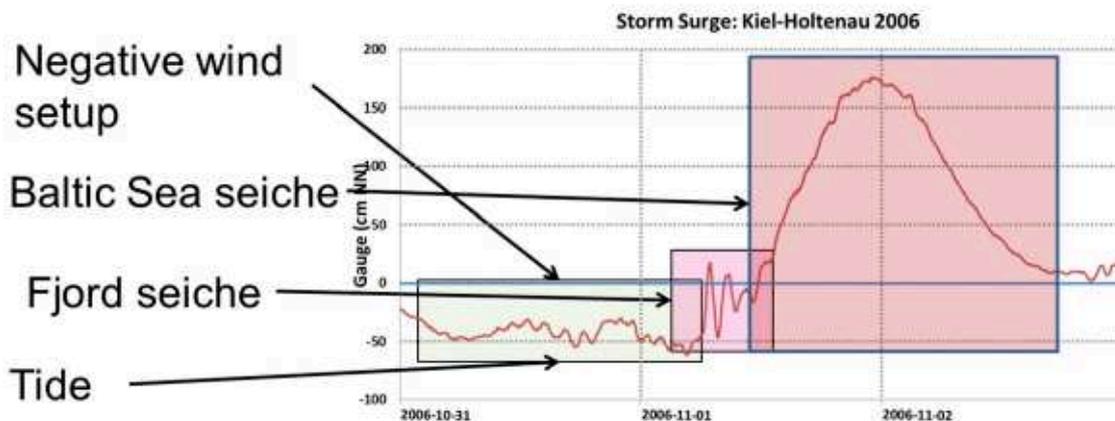


Bild 3 Beispiel eines zeitlichen Verlaufes des Wasserstandes während einer Sturmflut. Die beteiligten Prozesse wurden farblich hervorgehoben.

Langperiodische Änderungen des Wasserstandes, die über den Skagerak in die Ostsee eindringen, beeinflussen die absolute Höhe eines Hochwasserereignisses in der Westlichen Ostsee. Die Fjordküste in der Region besitzt keine bedeutenden Zuflüsse. In die Kieler Förde mündet als einziger natürlicher Süßwasserzufluss von Bedeutung die Schwentine mit einem Einzugsgebiet von 706 km² (MELUR).

2.2 Datengrundlage und deren Verfügbarkeit

2.2.1 Topografie / Bathymetrie

Die Geländehöhen/-tiefen bezogen auf den Ruhewasserspiegel sind notwendige Grundlage zur Entwicklung von Modellen. Hier wurde auf verfügbare digitale Geländemodelle zurückgegriffen, die hinreichend dokumentiert sind, oder in der Bundesanstalt für Wasserbau aus Peildaten für frühere Projekte erstellt wurden:

- Digitale Topographie des Bundesamtes für Kartographie und Geodesie in 10 * 10 m Auflösung (BKG, 2012),
- Digitale Bathymetrie der deutschen Küstengewässer der Ostsee des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie in 50 * 50 m Auflösung (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 2014),
- Digitale Bathymetrie der Kieler Förde der Bundesanstalt für Wasserbau in 5 * 5 m Auflösung (Seiß, 2013),
- Digitale Bathymetrie der Eckernförder Bucht der Bundesanstalt für Wasserbau in 20 * 20 m Auflösung.

Die erstgenannten beiden externen Datensätze sind über Internetportale zugänglich und in der genannten Auflösung somit uneingeschränkt verfügbar. Die beiden letztgenannten Datensätze wurden im Hause aus Peildaten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung erarbeitet.

Hinsichtlich der Qualität sind insbesondere im Küstensaum (einige hundert Meter um die Uferlinie bei Ruhewasserstand) höhere Auflösungen wünschenswert. Gerade hier zeigt sich jedoch eine Schwäche in der Vermessung an der Ostsee: Befliegungsdaten erfassen in der Regel nur trockene Flächen. Wird eine Befliegungskampagne nicht gezielt während eines Niedrigwasserereignisses durchgeführt (was praktisch schwer zu organisieren ist), müssen Messpunkte, die im normalerweise wasserbedeckten Bereich liegen, eliminiert werden. Dies sollte bereits bei der Berechnung des Geländemodells erfolgen, wenn die Daten ohne eine Land-Wasser-Kennzeichnung bereitgestellt werden.

Die schiffsgestützte Vermessung ist nur bei einer Mindestdiefe möglich, die es noch zulässt, geeignete Messfahrzeuge einzusetzen. Eine regelmäßige Vermessung der Flachwasserbereiche mit weniger als 1,5 Metern Wassertiefe unterbleibt daher. Somit entsteht zwischen schiffsgestützten Bathymetrien und dem Geländemodell aus Befliegung in der Regel an der Ostsee ein schmaler Streifen, der nicht vermessen wird, dessen Eigenschaften jedoch auf das Brechen von Wellen einen Einfluss haben. Da insbesondere die Qualität von hochauflösenden Strandmodellen notwendigerweise darunter leidet, dass die Bathymetrie im Strandvorfeld selten in einer guten Qualität vermessen wird, liegt hier auch in der Datenerhebung möglicherweise noch Handlungsbedarf zur (Weiter-)Entwicklung effizienter und ökonomisch vertretbarer, praxistauglicher Messmethoden, die für die Wasserwechselzone der Ostsee geeignet sind.

2.2.2 Meteorologische Daten

Zahlreiche meteorologische Stationen werden in Deutschland seit dem 19. Jahrhundert betrieben. Neben den vom Deutschen Wetterdienst betriebenen Stationen, die international festgelegten Standards genügen, werden zunehmend für diverse Zwecke auch private Wetterstationen betrieben. Während von einigen Wetterstationen mittlerweile sowohl historische wie auch aktuelle Daten über Internetportale bereitgestellt werden, sind die Daten privater Stationen in der Regel nicht zugänglich. Die räumliche und zeitliche Abdeckung im Küstengebiet der Ostsee ist gut genug, um sie im Rahmen des Risikomanagements bei Sturmhochwassern einsetzen zu können. Mit den zunehmenden technischen Möglichkeiten der Datendistribution über das Internet wird die gezielte Bereitstellung von Beobachtungen in einem einheitlichen Standard für die Nutzung bei der Risikovorsorge interessant, so dass sie beispielsweise von Frühwarnsystemen automatisiert genutzt werden könnten.

Für historische Sturmereignisse vor dem 19. Jahrhundert gibt es in der Regel nur wenig Information, um diese Ereignisse physikalisch ausreichend zu beschreiben. Aus Dokumenten, die in der Regel Kirchen- oder Gemeindearchiven entstammen, können jedoch manchmal noch Rückschlüsse auf die Windbedingungen während eines Sturmhochwassers gezogen werden.

2.2.3 Wasserstände

Wasserstände werden systematisch mit modernen Messmethoden seit Ende des 19. Jahrhunderts entlang der deutschen Ostseeküste erhoben. Digitale Daten liegen unter anderem in der auf der WISKI-Software (<https://www.kisters.de/wiski.html>) basierenden Datenhaltung der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung vor. Die neueren Datensätze (seit etwa 1998) werden digital durch automatisierte Pegel erhoben. Ältere Daten werden nach und nach über unterschiedliche

Institutionen, u.a. das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie, von Pegelbögen digitalisiert, und in den Datenbestand eingepflegt. Aus der Fallstudienregion liegen derzeit Zeitreihen von Sturmhochwasserereignissen seit 1978 digital vor. An anderen Orten reichen die Pegelzeitreihen mittlerweile bis zum Sturmhochwasser vom Januar 1954 zurück. Aktuelle Pegeldata sind in digitaler Form zeitnah über das Portal PegelOnline (<http://www.pegelonline.wsv.de/gast/start>) verfügbar und können somit in Werkzeugen zur Risikovorsorge genutzt werden. Darüber hinaus existieren für einige herausragende, historische Ereignisse Aufzeichnungen über Höchstwasserstände und den qualitativen Verlauf.

Pegeldata besitzen in der Hochwasserrisikovorsorge eine Schlüsselstellung. Eine weitere Optimierung der kostengünstigen Verfügbarkeit und die Qualitätssicherung dieser Daten für die Öffentlichkeit führen zu einem besseren Verständnis der Naturgefahren und die Nutzung in automatischen Warnsystemen.

2.2.4 Seegang

Reguläre Dauermessungen von Seegang sind aufwändig und werden im Küstenvorfeld nur an einzelnen Positionen als Dauermessungen, zum Beispiel vor dem Schönberger Strand vorgenommen. Für das Projekt lagen in der betrachteten Region Daten für das August-Sturmhochwasser 1989 vor.

Neben Naturmessungen sind modellierte Seegangs-Parameter aus F+E-Projekten (z.B. HIPOCAS) verfügbar oder können mittels Modellierung generiert werden. Modellierte Daten sind jedoch kein gleichwertiger Ersatz für Naturmessungen, da nur letztere die realen Verhältnisse beschreiben. Modellierte Daten müssen zunächst anhand von abgesicherten Beobachtungen auf ihre Plausibilität hin überprüft werden, bevor sie in einen realen Kontext gestellt werden.

2.2.5 Menschen und Objekte und deren Gefährdung

In der Vergangenheit hat es in der Fallstudienregion immer wieder Hochwasserereignisse gegeben, die das Leben der Menschen im Küstenraum beeinträchtigt haben. Innerhalb des Projektes wurden die Gefährdungen aus Interviews (Seiß, 2014) sowie verschiedenen statistischen Grundlagendaten des statistischen Bundesamtes und des Landesamtes für Schleswig-Holstein und Archivmaterial des WSA Lübeck (Buhr, 1990; Neemann, 1994) abgeleitet. Bei der Gefährdung von immobilien Objekten sind zudem Geoinformationen aus dem OpenStreetMap-Projekt (<http://www.openstreetmap.org/>) genutzt worden. Insbesondere bei statistischen Daten ist zu berücksichtigen, dass die Erhebungen in der Regel nicht zeitnah erfolgen, worunter die Qualität der Aussagen der darauf angewendeten Tools leiden kann. Ansätze wie OpenStreetMap zeigen, dass es im Grundsatz möglich ist, qualitativ hochwertige Geoinformationen der Öffentlichkeit zeitnah und effizient bereit zu stellen. Da die verfügbaren Daten jedoch meist nicht zum Zweck der Risikobewertung bei Extremereignissen erzeugt werden, müssen sie um weitere Informationen ergänzt werden, z.B. Wert einer Immobilie, Schadensentwicklung einer Immobilie in Abhängigkeit vom Wasserstand („depth damage curve“ oder Verkehrsdichten, Bedeutung eines Verkehrsweges, Flutschutz einer Anlage. Defizite gibt es hier insbesondere bei mariner Infrastruktur, für die oft noch geringe Erfahrungen existieren, da es sich meist um individuelle Bau-

werke handelt. Besonders schwierig gestaltete sich das Ermitteln von Zusammenhängen im Wirtschaftsgefüge der Region (zum Beispiel die Wirkung des Verlustes von Strandkörben auf die Besucherzahlen eines Touristenortes). Darüber gibt es praktisch keine verlässlichen Daten, daher können solche Zusammenhänge nur aus der Wirkung einzelner Flutereignisse abgeschätzt werden.

2.3 Beobachtete Verletzlichkeiten

2.3.1 Personenschäden

Aus vorliegender Literatur ist zu entnehmen, dass nur das Extremereignis des Sturmhochwassers 1872 zu erheblichen Personenschäden in der Westlichen Ostsee führte. Damals kamen nach Literaturangaben mindestens 271 Menschen ums Leben (Wikipedia, 2015). Da seitdem dieses Hochwasser den Bemessungswasserstand in der Region maßgeblich bestimmt, wurden seitdem nur noch selten Todesfälle aufgrund von Sturmhochwassern gemeldet. Aus den vorliegenden Unterlagen konnte nur ein Todesfall nach der Sommersturmflut 1989 nachgewiesen werden (Buhr, 1990). Sturmhochwasser stellen also für Menschen in der Region in der heutigen Zeit nur ein geringes Risiko dar, sofern sie sich bewusst sind, dass bestimmte Wettersituationen zu Hochwassern führen können, die einen schmalen Küstenstreifen vor den Hochwasserschutzanlagen zum Überflutungsgebiet machen. Jedoch darf dieses Faktum nicht dahingehend verstanden werden, dass Hochwasserschutz keine Bedeutung mehr hat, sondern vielmehr als Folge eines im Verhältnis zu anderen Regionen Europas gut organisierten Hochwasserschutzes in der Region „Kieler Förde“.

2.3.2 Sachschäden

Sachschäden durch Sturmhochwasser an hinter den Hochwasserschutzanlagen gelegenen Objekten sind aus der neueren Zeit nicht bekannt. Durch die Entwicklung von diversen Formen des Tourismus und Wassersport in der Region nach dem Krieg werden zunehmend auch immobile Infrastrukturen vor den Deichen und in unmittelbarer Küstennähe geschaffen. Es handelt sich dabei um befestigte Uferwege, Kioske, Restaurants, Campingplätze und Ferienimmobilien (Bild 4, Bild 5). Hinsichtlich der wirtschaftlichen Entwicklung der Region ist davon auszugehen, dass dieser Trend anhalten wird.

Typische, immer wiederkehrende Schäden nach Sturmhochwassern sind Ufererosionen, wie sie beispielsweise in Bild 4 unterhalb des Strand-Pavillons sichtbar sind. Diese führen bei bebauten Uferabschnitten zu Folgeschäden an Gebäuden und befestigten Wegen.



Bild 4 Restaurant und Strandbar am Ostufer der Kieler Förde zwischen Stein und Laboe. Foto: G. Seiß, 2015

Während der Sommersaison (Mitte April bis Ende Oktober) befinden sich zudem hohe mobile Sachwerte vor den Hochwasserschutzanlagen, von Strandkörben über Autos und Campingfahrzeuge bis hin zu den Wasserfahrzeugen der Sportschifffahrt). Wie schnell hier ein erheblicher Schadensverlauf entstehen kann, hat das Sommerhochwasser vom 27./28.08.1989 eindrücklich demonstriert (Bild 6, Bild 7, Bild 8). Dieses bisher einzige in dieser Schwere dokumentierte Sommerereignis führte innerhalb von etwa vier Stunden zu dokumentierten direkten Sachschäden von insgesamt um 50 Mio. Deutsche Mark. Besonders stark betroffen waren viele Sportboothäfen, darunter Marina Wendtorf, weswegen das zugehörige Wetterereignis auch später den Namen „Wendtorf-Orkan“ erhielt (Lehwald, o.J.). Aber auch Campingplätze und Strände der Westlichen Ostsee wurden von diesem Ereignis nicht verschont.



Bild 5 Geplante, zum Teil realisierte Ferienhausanlage in Wendtorf-Strand. Ausschnitt eines Plans, abgebildet in einem Katalog auf <http://www.ostseeferienpark-marinawendtorf.de>.



*Bild 6 Schäden im Olympiahafen Kiel-Düsternbrook an Yachten und Hafenanlagen. Fotos: T. Sävert
(http://www.naturgewalten.de/1989kiel_fotos.htm).*



*Bild 7 Situation in Marina Wendtorf nach dem „Wendtorf-Orkan“ 1989. Bilder: O. Hartmann
(Boots-Angler-Club E.V., 2009)*



*Bild 8 Überflutung auf dem Campingplatz Wulfener Hals, Fehmarn am 28.08.1989.
Einzelbild aus: <https://www.youtube.com/watch?v=ZlFeszDfcv8>.*

Neben den genannten direkten Schäden entstehen heute durch die Abwicklung von Versicherungsfällen, Rettungseinsätze und die mediale Aufarbeitung der Schadensituation nach solchen Ereignissen weitere, nur schwer zu beziffernde indirekte Kosten für die Gesellschaft.

Im vorliegenden Projekt standen für das Sommerereignis 1989 eine Fülle von Daten bereit, deren Verfügbarkeit aus der guten Zusammenarbeit der Bundesanstalt für Wasserbau mit der damals für die Untersuchung des Ereignisses beauftragten Behörde, dem Wasser- und Schifffahrtsamt Lübeck, resultierte. Moderne Technologien bieten hier noch erhebliches Potential, um die Verfügbarkeit von historischen Bildern und Textdokumenten zu Hochwasserereignissen in Zukunft weiter zu verbessern.

3 Die RISC-KIT-Werkzeuge, deren Anwendung und Bewertung der praktischen Einsetzbarkeit in der Fallstudienregion

3.1 Das Werkzeug „Impact oriented database for case study regions“

Dieses Tool ist geeignet, um die unterschiedlichsten Informationen über die Wirkung von Extremwasserständen ereignisbezogen vorzuhalten und über ein Internetportal bereitzustellen. Über eine geeignete grafische Oberfläche können die Informationen zu historischen Ereignissen eingepflegt und abgerufen werden. Für jedes Ereignis wird ein Minimum an Information vorgehalten. Das sind:

- Land und Region, in der das Ereignis stattfand
- Zeitraum: Beginn und Dauer des Ereignisses

Optional können dann noch ergänzt werden:

- Extremwerte/kennzeichnende Werte der Parameter Wind, Wasserstand, Wellenhöhe
- Zeitreihen der Größen während des Ereignisses mit Metadaten
- Bilder und andere Dokumente zum Ereignis (ortsbezogen)
- Geoinformationen zum Ereignis
- Auswirkungen des Ereignisses, diese können sowohl qualitativer als auch quantitativer Natur sein.

Der Zugang für den Nutzer der Datenbank erfolgt über eine Karte, über die er in die ihn interessierende Region und zu den einzelnen Datensätzen geführt wird (Bild 9). Der Nutzer kann sich ereignisbezogen eine Übersicht zu jedem gespeicherten Ereignis als PDF-Datei erzeugen lassen. Zudem ist das Abrufen von einzelnen, verorteten Bildern möglich, die ereignisbezogen und mit Zusatzinformationen versehen gespeichert wurden (Bild 10).

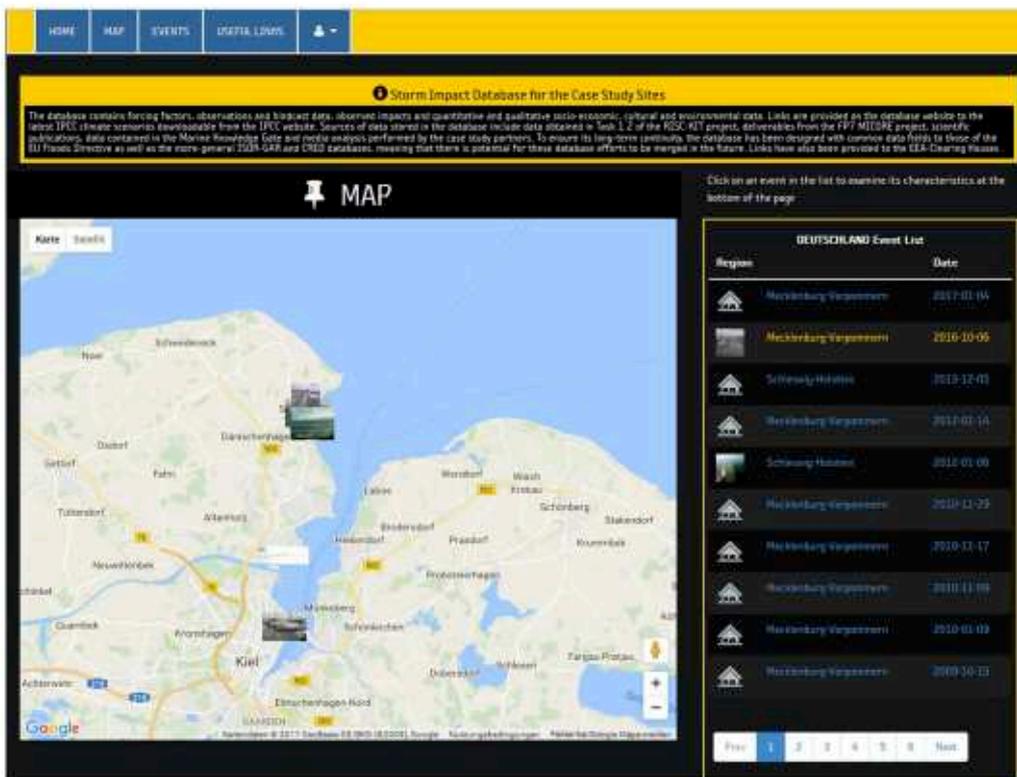


Bild 9 Nutzer-Portal mit interaktiver Karte und Ereignisliste unter <http://risckit.cloudapp.net/risckit/#/map>.

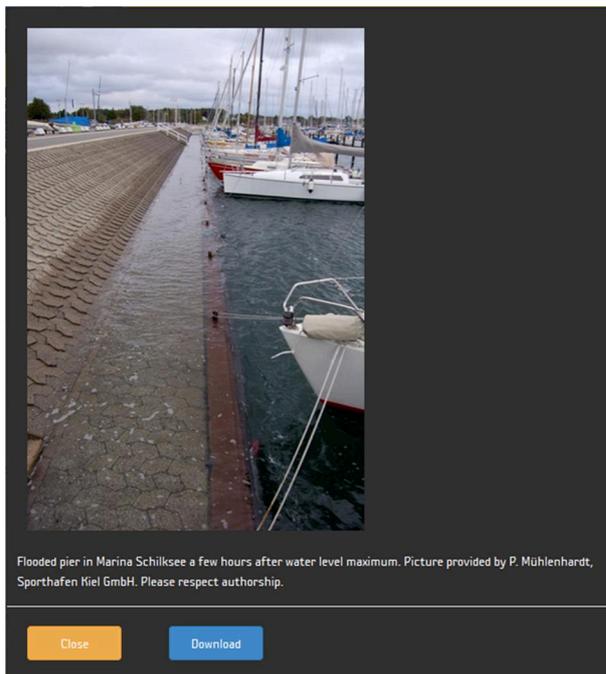


Bild 10 Beim Klicken auf ein Bild-Icon auf der Karte öffnet sich das Bild und kann dann heruntergeladen werden.

3.1.1 Inhalte für die Fallstudienregion Kieler Förde

Für die Fallstudienregion „Kieler Förde“ wurden insgesamt bis heute 68 Ereignisse in die Datenbank eingestellt. In der Regel konnten für die bedeutenden Ereignisse nach dem zweiten Weltkrieg die wesentlichen hydrologischen und meteorologischen Informationen, einschließlich der Zeitreihen ohne zu großen Aufwand ermittelt werden. Für Ereignisse zwischen 1890 und 1945 konnten zumindest die Höchstwasserstände aus Literaturangaben, basierend auf Pegeldata, ermittelt werden. Im Internet sind teilweise von einigen skandinavischen Pegelstationen digitale Daten für diesen Zeitraum verfügbar. Historische Ereignisse vor Beginn moderner, regelmäßiger Pegelaufzeichnungen sind meist nur über Dokumente aus Stadtarchiven, Kirchenarchiven und privaten Quellen erreichbar. Der Prototyp der Datenbank enthält solche Informationen beispielhaft, um zu zeigen, dass die Zusammenführung der Information in einer kontextorientierten Datenbank im Grundsatz möglich ist und für die Endnutzer eines solchen Tools die Hürden des Rechercheaufwandes, sich mit der Historie von Sturmhochwasserereignissen in der Region zu beschäftigen, deutlich senkt.

Informationen in der Datenbank wurden, soweit die Autorenschaft ermittelt werden konnte und eine Zustimmung des Autors zur Nutzung der Dokumente im Kontext der Datenbank vorlag, unter Angabe des Urhebers eingestellt. Sicher fallen dadurch viele Dokumente unter den Tisch, deren Veröffentlichung aufgrund von rechtlichen Schranken nicht möglich ist. Zum Teil wurde dieses Problem dadurch umgangen, dass Literaturlisten zum Ereignis erstellt wurden, die der Nutzer herunterladen kann.

Die Inhalte erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da das Pflegen und Ergänzen von Datenbeständen eine Daueraufgabe darstellt, die nicht im Rahmen eines Forschungsprojektes

geleistet werden kann und sollte. Es soll vielmehr gezeigt werden, welche Vielfalt an Dokumenten grundsätzlich verwaltet werden kann und wie sie dann Endnutzern strukturiert zur Verfügung gestellt wird.

3.1.2 Bewertung des Werkzeuges für die Fallstudien-Region

Die ereignisbezogene Zusammenführung der Information in einer Datenbank ist eine sinnvolle Methode, um wertvolle historische Informationen der Öffentlichkeit zugänglich zu machen und so einen schnellen Zugang zur Thematik „Hochwasserrisiken“ zu erhalten. Naturereignisse und deren Risiken geraten, wenn sie nur selten auftreten, schnell aus dem Blick der Bevölkerung. Das in RISC-KIT entwickelte Datenbankmodell kann als Prototyp eines langfristig angelegten Informationssystems verstanden werden, das die Küstenrisiken einer Region beschreibt und so unterschiedlichen Endnutzern eine Plattform bietet, um ihr Wissen über diese Risiken, insbesondere mögliche Schadensverläufe von Hochwasserereignissen, zu vervollständigen. Da alle Fallstudienregionen mit zum Teil recht unterschiedlichen Umweltbedingungen in einer Datenbank gehalten werden, lassen sich auch sehr schnell Vergleiche zwischen Regionen erarbeiten und Erfahrungen aus anderen Regionen übernehmen.

Durch die Nutzung moderner Informationstechnik kann eine Datenbank zudem auch relativ nahe an dem aktuellen „Stand des Wissens“ gehalten werden, ein Umstand, der in der Zeit vor der Entwicklung der Informationstechnik nie eingehalten werden konnte.

Das Prinzip der Datenbank ist vergleichbar mit anderen Informationsplattformen wie Wikis (bekanntestes Beispiel: Wikipedia / Wikimedia Commons). Als registrierter Nutzer kann man Informationen einstellen. Im Unterschied zu einem Wiki ist die Manipulation bereits eingestellter Informationen derzeit nur dem registrierten Nutzer gestattet, der sie eingestellt hat.

In der Praxis könnte daher eine Wiki-Plattform eine gute informationstechnische, bereits praxistaugliche Standardlösung zur Realisierung eines permanenten Systems sein. Ein Wiki bietet gegenüber der in RISC-KIT entwickelten Prototyp-Lösung die folgenden Vorteile:

- Es handelt sich um ein eingeführtes Content-Management-System, welches sich in vielen Bereichen durchgesetzt hat,
- es kann alle im Internet gängigen Medientypen verwalten und visualisieren, also auch Videos,
- Verlinkungen mit Quellen aus dem Internet sind ohne technische Einschränkungen möglich,
- Versionsverwaltung des Contents ist möglich,
- es beinhaltet bereits alle zur Verwaltung von Nutzern und Dateien nötigen Funktionen,
- der Content ist relativ freizügig erweiterbar,

- der Umgang mit Wiki-Systemen ist relativ leicht erlernbar,
- die zugrunde liegende Software wird kontinuierlich gepflegt und weiterentwickelt.

Die Entwicklung eines thematisch orientierten, offenen Tools zur Verwaltung der im Zusammenhang mit Hochwassern relevanten Information ist ein wertvolles infrastrukturelles Instrument zur Risikovorsorge, da es eine Bündelung und Selektion der relevanten Informationen ermöglicht, bevor sie interessierten Endnutzern bereitgestellt werden. Daher ist grundsätzlich eine dauerhafte Implementierung eines solchen Instrumentes für die Fallstudienregion wünschenswert, um langfristig auch Kosten durch wiederholte, umständliche Recherchen in verteilten Quellen einzusparen.

Eine im Stil von Wikis implementierte Lösung ermöglicht im Gegensatz zu dem entwickelten Prototypen jedoch eine andauernde Pflege und Erweiterung des Contents mit bereits bewährten und ausgereiften Internet-Technologien und ist daher gegenüber einer Software-Insellösung, wie sie in RISC-KIT entwickelt wurde zu bevorzugen.

Da es sich bei der RISC-KIT-Datenbank an sich um ein Werkzeug handelt, welches langfristig angesiedelt ist, kann die inhaltliche und informationstechnische Betreuung eines derartigen Portals durch eine langfristig angelegte öffentliche Verwaltungsstruktur am besten gewährleistet und deren dauerhafte Existenz aufgrund öffentlicher Beschlüsse abgesichert werden. Somit kommt in der praktischen Umsetzung nur eine durch öffentliche Mittel gestützte Institution zur Bereithaltung der technischen Infrastruktur (Server, Software) in Frage.

Im Rahmen der Recherche zeigte es sich auch, dass Informationsquellen, die der öffentlichen Risikovorsorge dienen können, der Allgemeinheit gebührenfrei ohne eingeschränkte Nutzungsrechte bereitgestellt werden sollten. Im Allgemeinen amortisieren sich die volkswirtschaftlichen Kosten zur Erstellung einer Bilddatei, eines Artikels oder anderer Informationen innerhalb relativ kurzer Zeit, wenn sie einer breiten Nutzergemeinde langfristig zu geringen Beschaffungskosten zur Verfügung stehen und dadurch Risiken durch Hochwasser minimiert werden können. Auch wird die Hemmschwelle zur Beschaffung und Nutzung solcher Informationen deutlich gesenkt.

3.2 „Coastal Risk Assessment Framework“ (CRAF)

Dieses Werkzeug dient der Ermittlung von Küstenabschnitten innerhalb einer Region mit hohem Risiko. Die Risikoanalyse erfolgte hier auf Basis von verfügbaren Geoinformationen, wie Bathymetrie/Topographie, Landnutzungskarten, Informationen aus offenen Kartenservern (OpenStreetMap), statistischen Datenerhebungen und Kenntnissen über die Fallstudienregion Kiel.

Schon aus dem RISC-KIT-Leitfaden zur Beschreibung der Vorgehensweise (Viavattene et al., 2015) geht hervor, dass es sich bei CRAF nicht um ein fertiges Werkzeug, sondern eher um einen methodischen Ansatz handelt, der dem Anwender relativ viel Freiheit der Interpretation gibt. Die Subjektivität in der Datennutzung war von den Entwicklern auch gewollt, da ihnen klar war, dass die Fallstudienregionen geographisch und kulturell sehr unterschiedlichen Rahmenbedin-

gungen unterliegen, so dass ein einheitlicher Ansatz zur Beurteilung des Risikos schwer zu finden ist.

In Phase **1** wurde eine regionale Betrachtung mit einfachen Ansätzen für die quantitative Ermittlung der Überflutungsszenarien durchgeführt, um Schwerpunkte der Betroffenheit („Hotspots“) zu bestimmen. Diese Hotspots wurden dann in Phase **2** detaillierter mit verfeinerten Ansätzen untersucht.

3.2.1 CRAF Phase 1

In der Phase **1** wurden für den Küstenabschnitt der Kieler Bucht von der Schleimündung bis Heiligenhafen verschiedene Indikatoren für Gefahren (Überflutung, Erosion) sowie Verletzlichkeiten aus vorhandenen Datenquellen wie digitalen Geländemodellen / Bathymetrien, Bevölkerungsverteilung, Landnutzung abgeleitet. Am Ende wurden diese Indikatoren zu einem „coastal index“ kombiniert.

Beispielhaft ist hier die Darstellung dieses Indikators für die bearbeitete Region für die Gefahr der Überflutung bei einer Wiederkehrperiode des Ereignisses von 17 Jahren (entsprechend eines schweren Sturmhochwassers über 1,5 mNHN Scheitelwasserstand) gezeigt.



Bild 11 „coastal index“ für die Gefahr der Überflutung bei einem Ereignis mit 17 Jahren Wiederkehrperiode.

Weitere Informationen finden sich in (Ferreira et al., 2016).

3.2.2 CRAF Phase 2

Phase **2** wurde nur teilweise im Rahmen einer Masterarbeit (Shustikova, 2016) für die Fallstudienregion durchgeführt, da gegenüber den bereits in Phase **1** erzielten Ergebnissen aufgrund der Datenlage und der fehlenden Erfahrung mit den einzusetzenden Modellen keine wesentlich anderen Aussagen durch die Modellierung der Gefahren mittels XBEACH zu erwarten waren, wurde dieser Teil weggelassen. Die Masterarbeit von Frau Shustikova konzentrierte sich auf die Anwendung der Methode INDRA in den beiden „hotspots“ Kiel (Innenförde) und Eckernförde. Sie wurde im Rahmen der European Geosciences Union General Assembly 2017 in Wien im Rahmen einer Poster-Präsentation vorgestellt (Shustikova, 2017). Für den „hotspot“ Wendtorf wurden die erzielten Ergebnisse in (Ferreira and Viavattene, 2016) dargestellt.

In der Rückschau ermittelte die Methode ein insgesamt geringes Risikopotential, was durch den funktionierenden Küstenschutz erklärbar ist. Diese Aussage bestätigt, dass die bisher getroffenen Maßnahmen zur Risikominimierung wirken und daher ihre Berechtigung haben.

3.2.3 Bewertung der Methode für die praktische Einsetzbarkeit in der Fallstudienregion

Das CRAF erfordert einen vergleichsweise hohen Aufwand bei der Bereitstellung, Verifizierung und Aufarbeitung der Basisinformationen. Hierin liegt eine wesentliche Hürde beim Einsatz des Werkzeugs in der Praxis. Um CRAF sinnvoll in der Praxis einsetzen zu können sind an die Eingangsdaten folgende Anforderungen zu stellen:

1. Die Daten müssen ein hohes Maß an Aktualität aufweisen, d.h. einer permanenten Aktualisierung (vorzugsweise über zentral gepflegte Datenbanken) unterliegen. Theoretisch kann dies zumindest für Daten der Landnutzung von staatlichen Stellen gewährleistet werden, wenn die wesentlichen Basisdaten, beispielsweise Gebäudeflächen und risikorelevante Informationen frei aus Internet-Quellen (http, ftp) für den Endnutzer abrufbar sind. Praktisch gesehen ist dies jedoch oft nur eingeschränkt der Fall. So enthält beispielsweise der frei verfügbare Datenbestand von OpenStreetMap zwar Gebäudegrundflächen, jedoch fehlen Informationen über den möglichen Schadensverlauf bei Hochwasser, die Wiederherstellungskosten, Anzahl der Bewohner oder Ähnliches. Auch fehlt bei öffentlich zugreifbaren Daten oft eine Sicherung des Mindest-Qualitätsstandards, beispielsweise indem die Datenqualität der bereitgestellten Geoinformationen dokumentiert wird, was notwendig wäre, um das Resultat von CRAF zu beurteilen. Die Praxis zeigt
2. Praktisch gesehen können gerade detaillierte Informationen über die Bevölkerungsstruktur, die für den Einsatz von CRAF, Phase 2 nötig wären, um das Potential der Methode auszunutzen, nicht öffentlich verfügbar gemacht werden, ohne dass vorher eventuell datenschutzrechtlich relevante Aspekte geklärt werden. Verzichtet man dagegen auf hochgenaue Informationen, so ist es fraglich, ob nicht auch wesentlich einfachere und damit weniger arbeitsintensive Ansätze zu ausreichend brauchbaren Ergebnissen führen.

3. Die Daten müssen für den Zweck ausreichende Auflösung aufweisen, d. h. die reale Welt hinreichend genau abbilden, um die verwendeten Methoden zielführend einsetzen zu können. Für Bathymetrie-Daten ist diese Eigenschaft insbesondere im Flachwasser an der deutschen Ostseeküste derzeit nicht hinreichend um mit Wellenmodellen bessere Informationen zu erhalten, als sie durch traditionelle Feldstudien und Versuche in Laboranlagen erhalten werden können. Daten der Katasterämter über Gebäude und Landnutzung sind nicht ohne erheblichen Beschaffungsaufwand über Internetportale zugänglich.

CRAF Phase **1** ermittelt Hotspots bereits relativ zuverlässig und mit relativ einfachen Annahmen. Für die genauere Analyse eines Hotspots können die Einzelanalysen der verschiedenen Eingangsindizes bereits einen Hinweis geben, ob das Risiko durch Verkehr, Versorgungsinfrastruktur, Landnutzung oder Bevölkerungsstruktur dominiert wird.

Die Anwendung von CRAF Phase 2 erfordert derzeit spezielles Expertenwissen und eine detaillierte, zuverlässige Erfassung und Aufbereitung sämtlicher Eingangsdaten, daher ist eine Einbettung der Methode in die praktische Küstenrisiko-Vorsorge derzeit eher (noch) nicht zielführend. Um CRAF Phase **1** in die Praxis zu überführen sind aus heutiger Sicht zunächst die folgenden Schritte erforderlich:

1. Umstellen der Methode CRAF1 auf Standard-Schnittstellen zum Benutzer, d.h. Spezifikation der (Standard-)Formate und Inhalte der vom Nutzer bereitzustellenden Information.
2. GUI-gestützte Umsetzung der Rohdaten in die finalen Ergebnisse, z.B. durch Programmierung einer GIS-Applikation, die diese Schritte geeignet unterstützt.
3. Umfassendere regelmäßige Datenerhebung der ufernahen Bathymetrie.
4. Standardisierung der Informationen über Verkehrswege, Wirtschaftsbeziehungen, Landnutzung und Öffentlicher Versorgungseinrichtungen.
5. „Expertenwissen“ wie das Verwenden geeigneter Ingenieurformeln zur Berechnung des Wellenaufbaus in Abhängigkeit von der Struktur des Uferprofils müssen dem Anwender bereits in Form einer ausgereiften Software zur Verfügung stehen, um den Zeitaufwand für eine derartige Analyse vertretbar zu halten.

CRAF Phase **2** ist zumindest in der Fallstudienregion eine Methode, wo der Detaillierungsgrad der Analyse weitaus genauer ist, als das allgemein zugängliche Datenmaterial in der Region. Eine wesentliche Verbesserung der Analyse war daher nicht zu erwarten.

Grundsätzlich ist die Methodik CRAF einsetzbar und es ist möglich, aus vorliegenden Datenbeständen eine räumlich bezogene Gefährdungsanalyse zu erstellen. Die Umsetzung der vorhandenen Rohdaten muss jedoch sehr viel stärker softwaregestützt erfolgen um den Prozess nachvollziehbarer zu machen und Fehler in der Informationsverarbeitung, die durch manuelle Bearbeitung und Fehlinterpretation der Daten auftauchen können, zu minimieren.

In der Planung kann die Methode hilfreich sein, wenn Veränderungen, die durch eine Bebauung eintreten, im Vergleich zum Ist-Zustand analysiert werden.

Der Hauptkritikpunkt an dem Tool ist somit, dass der Schritt von den Rohdaten zur Ergebnisdarstellung nicht standardisiert, d.h. softwaregesteuert erfolgt, somit beim Prozessieren der Daten der Einfluss der bearbeitenden Person nicht eliminiert werden kann und der Arbeitsauf-

wand insgesamt in keinem Verhältnis zur erreichten Aussage steht, die möglicherweise auf traditionelle Art (Ortskenntnis in der Region) schon getroffen werden kann.

3.3 „Flood Early Warning System (FEWS)

Das Frühwarnsystem wurde basierend auf dem Softwaresystem Delft-FEWS (Deltares, o. J.) aufgebaut. Die Software bietet geeignete Möglichkeiten zur Integration und Visualisierung sowohl von gemessenen Daten aus den unterschiedlichsten Quellen, als auch modellierter Szenarien aus Modellen an, die über die genannte Software sowohl manuell, als auch automatisch gestartet werden können. Daten und Modellergebnisse werden über individuelle Adapter in das System integriert.

3.3.1 Aufbau des Kieler-Förde-FEWS

Für die Region Kieler Förde wurde aufgrund der Tatsache, dass es bereits ein gut funktionierendes operationelles Vorhersagesystem für deutschen Küstengewässer gibt, eine Konfiguration gewählt, die auf den Ergebnissen dieses Systems an den Rändern eines lokalen Modells der Region um die Kieler Förde aufsetzt, d.h. dieses System als Randbedingung am seeseitigen Rand nutzt. Dieser Einsatz minimiert die Rechenzeit und den Ressourcenbedarf an Datenspeicher des von FEWS gestarteten lokalen Modells. Das lokale gekoppelte Modell für Wasserstand und Seegang wurde mit der Software DELFT3D (Deltares, 2014a, 2014b) realisiert, für die bereits ein Adapter vorhanden war.

Maßgeblich für die Wahl eines lokalen Hydrodynamik-Modells waren die folgenden Kriterien:

- Kurze Rechenzeit und möglichst geringer Speicherbedarf, um das System auch auf handelsüblichen, verbreiteten Rechnerplattformen, beispielsweise einem Standard-PC einsetzen zu können.
- Eine dennoch ausreichend gute Abbildung der Bathymetrie der Kieler Förde zu gewährleisten, die gerade nahe der Küste einen großen Einfluss auf die lokale Ausprägung von Sturmhochwasserereignissen und Seegang hat.
- Das System sollte so flexibel in der Handhabung sein, dass sowohl ein automatischer, wie auch ein manueller operationeller Betrieb gefahren werden kann.

Das Modellgebiet mit der Bathymetrie des DELFT-FLOW-Moduls, dem seeseitigen offenen Rand und den im Gebiet vorhandenen Pegelstationen wird in Bild 12 gezeigt.

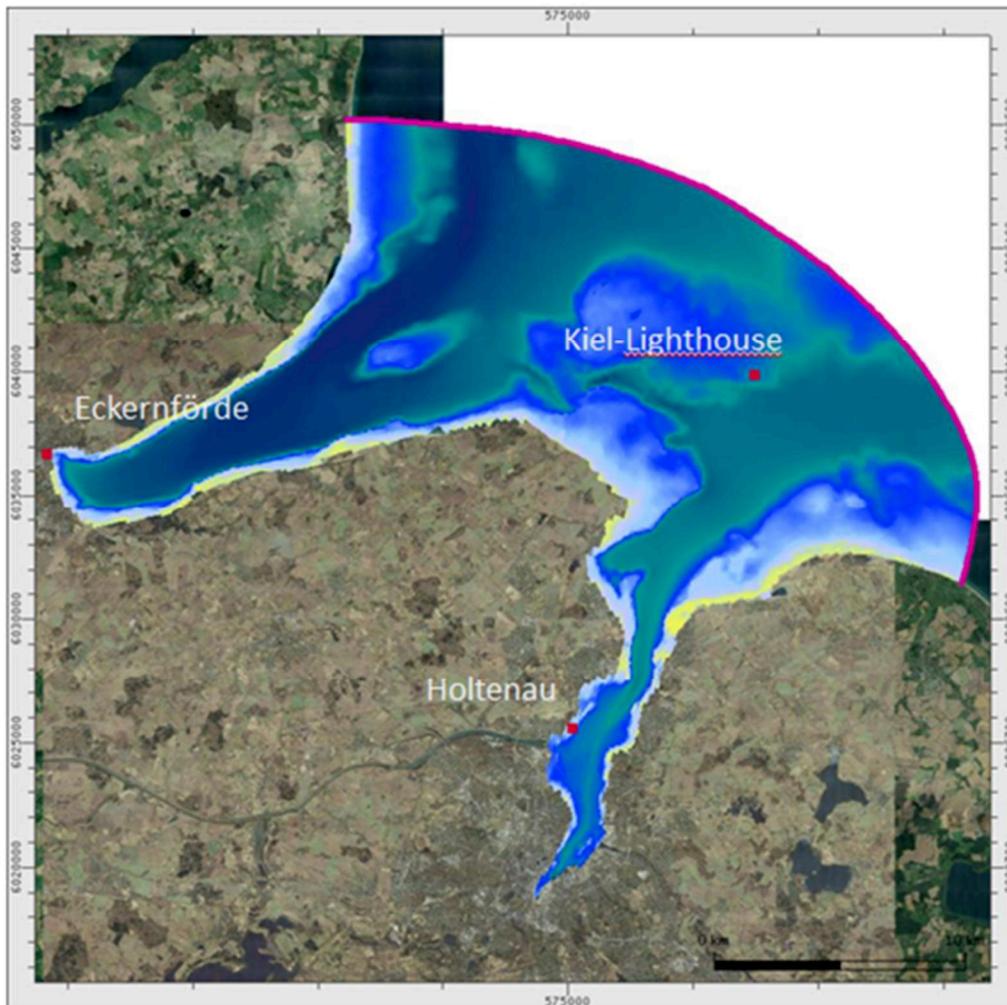


Bild 12 Modellgebiet des Hydrodynamik-Modells mit seeseitigem Rand (rote Linie) und im Gebiet vorhandenen Pegelstationen.

Ergänzt wird das Hydrodynamik-Modell durch ein auf der Software XBEACH basierendes-Strandmodell welches als Prototyp für den lokalen Hotspot Wendtorf entwickelt wurde. Dieses Modell liefert Informationen über die strandnahe Umformung des Seegangs unter den vom Hydrodynamik-Modell berechneten Randbedingungen.

Bild 13 zeigt die Modellkette schematisch. Der orange hinterlegte Bereich soll hier das FEWS-System darstellen, innerhalb dessen die blauen Modellkomponenten miteinander unter Verwendung der grauen Datenpakete kommunizieren können. Die grünen Datenpakete sind die aus externen Quellen bereitzustellenden Daten.

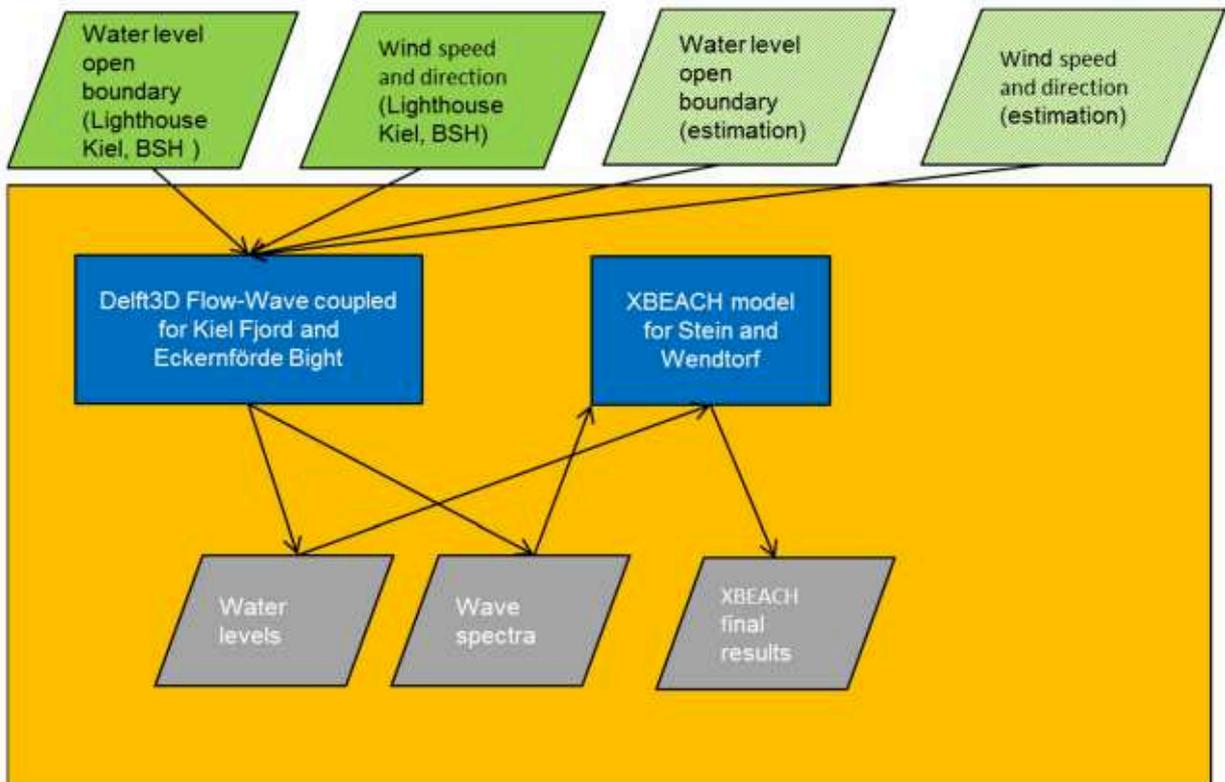


Bild 13 Modellkette des EWS der Kieler Förde.

Weitere Informationen zum EWS der Kieler Förde und den Realisierungen der anderen Fallstudienregionen sind in (Plomaritis and Ferreira, 2016) zu finden.

3.3.2 Modellvalidierung

Die Validierung für das Hydodynamik-Modell wurde anhand historischer Sturmhochwasserereignisse durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass die seeseitigen Randbedingungen für den Wasserstand mit guter Genauigkeit bis in die innere Kieler Förde transportiert werden. In Bild 14 werden Modellsimulation und gemessene Kurve am Pegel Kiel-Holtenau in der Innenförde gegenüber gestellt, wobei die Randbedingungen der Simulation wie folgt definiert wurden:

- Am seeseitigen Rand: zeitliche Entwicklung des Wasserstandes gemessen am Leuchtturm Kiel.
- Als meteorologischer Antrieb: der Wind am Leuchtturm Kiel über der gesamten Fläche des Modells.



Bild 14 Visualisierung des modellierten (rote/grüne Linie) und gemessenen (grüne Punkte) Wasserstandes für das Hochwasser 1989 am Pegel Kiel-Holtenuau.

Aufgrund der Konfiguration hängt die Qualität des Hydrodynamik-Modells für den Wasserstand im Wesentlichen von der Qualität der Randwerte ab, da die Bathymetrie der Förde hier ausreichend gut abgebildet wurde. Das Seegangmodell wurde gröber aufgelöst, um die Rechenzeit auf einem Laptop noch in akzeptablen Grenzen halten zu können. Durch den Einsatz von Optimierungstechniken ist hier jedoch noch Spielraum für höhere Auflösung. Eine Validierung war mangels Verfügbarkeit von Messungen im Modellgebiet während der Ereignisse nicht möglich. Auch für das Strandmodell konnte mangels Daten keine Validierung erfolgen.

3.3.3 Bewertung der Einsetzbarkeit des FEWS-Systems in der Fallstudien-Region

Grundsätzlich ist das System als Ergänzung zu bereits bestehenden operationellen Prognose-Systemen zu sehen. Das gewählte Design erscheint aufgrund der kurzen Rechenzeiten und der geringen zusätzlichen Hardwareanforderungen geeignet, die Anforderungen, die an ein Frühwarnsystem aus Sicht der Praxis gestellt werden müssen, zu erfüllen. Dies sind im Einzelnen:

- Die überregionale Wirkung von Sturmereignissen in der Ostsee in eine lokal differenzierte, verlässliche Information zu überführen, aus der sich dann Handlungsmuster für Entscheidungsträger im Risikomanagement ableiten lassen
- Diese Informationen frühzeitig in Form von Warnhinweisen bereitstellen zu können.
- Flexibel genug zu sein, um jederzeit zusätzliche oder bessere Informationen verarbeiten zu können und so den Zyklus eines Updates von Information im Verlauf eines Hochwasserereignisses gegenüber den klassischen Vorhersage-Systemen zu erhöhen.

- Eine (zumindest teilweise) Automatisierung der Aussendung von Warnmeldungen an Endnutzer (beispielsweise einen Marina-Manager oder Campingplatzbetreiber) zu ermöglichen.
- Das System sollte auch im laufenden Betrieb noch erweiterbar sein.

Bei dem entwickelten System handelt es sich um einen Prototypen, der im Praxisbetrieb noch weitere Entwicklungsstufen durchlaufen müsste. Die Weiterentwicklung sollte dann vorzugsweise in der für den Sturmflutwarndienst zuständigen Behörde, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie, erfolgen. Das Konzept erlaubt die lokale Nutzung des Systems beispielsweise in einer Marina, einem WSA oder einer anderen, in den Hochwasserwarndienst eingebundenen Stelle.

Der Aufbau des Kieler-Förde-EWS ist modular, daher lassen sich die einzelnen Komponenten mit etwas Anpassungsaufwand austauschen sowie weitere lokale Strandmodelle, zusätzliche Modelle oder auch Datenquellen ergänzen. Durch Nutzung oder Erstellung geeigneter Modelladapter lassen sich auch andere hydronumerische Verfahren einbinden, was allerdings derzeit noch einige Kenntnisse über das Softwaresystem FEWS und die zu integrierende Modellsoftware erfordert.

3.4 Multi-Criterial Analysis (MCA) Workshop

Bei dieser Methodik handelt es sich um ein Werkzeug zur Ermittlung der Eignung von Risikominimierungs-Maßnahmen in der Umsetzung in der Fallstudienregion. Zu diesem Zweck wird mit einer repräsentativen Gruppe von betroffenen Personen aus der Region (Stakeholdern) ein Arbeitstreffen (Workshop) veranstaltet. Den Teilnehmern werden mehrere Maßnahmen und Kombinationen (strategische Alternativen) zur Minimierung des Risikos vorgestellt. Bezogen wird deren Wirkung in Bezug auf die Ist-Situation.

Dann wird anhand der hier gesetzten Kriterien

- (praktische) Durchführbarkeit (der Maßnahme)
- Akzeptierbarkeit (der Maßnahme im regionalen Kontext)
- Eignung (der Maßnahme zur Risikominimierung); dieses Kriterium wurde nach Durchführung des Workshops in Kiel gestrichen.
- Nachhaltigkeit (der Maßnahme in ihrer Wirkung)

von den Teilnehmern eine Bewertung der vorgestellten strategischen Alternativen durchgeführt.

Die Methodik ist als solche erst einmal ein Entscheidungsinstrument, kann also auch für andere Entscheidungsprozesse hilfreich sein, nicht nur für die Bewertung von Maßnahmen zur Minimierung von Küstenrisiken durch Hochwasser.

Detailliertere Beschreibungen zum Werkzeug sind in (Barquet and Cumiskey, 2017) dargestellt.

3.4.1 Praktische Durchführung in der Fallstudienregion

Für die Kieler Förde fand der Workshop am 08.09.2016 in den Räumlichkeiten der GDWS-Nord in Kiel statt. Es konnten 11 potentielle Endnutzer des Projektes aus unterschiedlichen Interessensgebieten zur Teilnahme motiviert werden. Der Workshop fand in angenehmer Atmosphäre

statt und wurde durch zwei Kollegen aus der Partnerinstitution Ecologic Institute GmbH begleitet. Den Teilnehmern wurden zunächst die Küstenrisiken der Region vorgestellt und mögliche Risikominimierungsmaßnahmen erläutert. Danach bewerteten die Teilnehmer nach einem vordefinierten Ranking-Verfahren die obengenannten Kriterien für vorher gemeinsam ausgewählte Kombinationen von Risikominimierungsstrategien.

Jeder Teilnehmer sollte für sich persönlich für jedes Kriterium einen „score“ von -2 bis +2 (stimme nicht zu / stimme eher nicht zu / neutral / stimme eher zu / stimme zu) abgeben. Danach sollte sich die Gruppe im Gespräch auf einen gemeinsamen „score“ einigen.

Für das Beispiel „Risikominimierung in Marinas“ wurden von einer Teilnehmergruppe die folgenden drei strategischen Alternativen bewertet:

1. Vom Wasserstand unabhängige Vertäuung der Wasserfahrzeuge
2. Evakuierung der gefährdeten Objekte
3. Vom Wasserstand unabhängige Vertäuung der Wasserfahrzeuge kombiniert mit einem regelmäßigen Training der betroffenen Eigentümer

Die Bewertung durch die Teilnehmer wurde am Ende in einer Tabelle, so wie beispielhaft in Tabelle 1 dargestellt. Der in der Summe berechnete Wert spiegelt ein objektiviertes Meinungsbild der mit unterschiedlichem Wissensstand geprägten Teilnehmer wider. In dem dargestellten Beispiel zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit der Erwartung, die die durchführenden Personen vorab hatten.

Kriterien	Gewichte	SA1 Flood proof mooring System		SA2 Evacuation of marina assets		SA3 Flood Proof Mooring + Training of sailors and marina stuff	
		Score	Gewichteter Score	Score	Gewichteter Score	Score	Gewichteter Score
Durchführbarkeit	3	0,4	1,20	-2	-6,00	1	3,00
Akzeptierbarkeit	2	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Eignung	4	1	4,00	-2	-8,00	1	4,00
Nachhaltigkeit	2	1	2,00	0	0,00	1	2,00
SUMME	0		7,20		-14,00		9,00

Tabelle 1 Beispiel einer MCA-Auswertungstabelle für die Region Kieler Förde.

Es zeigte sich jedoch auch, dass die Kriterien „Durchführbarkeit“ und „Eignung“ von den Teilnehmern nicht vollständig begrifflich getrennt wurden. Von einigen Teilnehmern wurde impliziert, dass eine Maßnahme, die (aus ihrer Sicht) nicht durchführbar sei, auch automatisch ungeeignet sei. Im weiteren Verlauf des Projektes wurde daher in den anderen Fallstudienregionen der Begriff „Eignung“ nicht mehr bewertet.

3.4.2 Bewertung der Einsetzbarkeit des MCA-Verfahrens

Das MCA-Tool ist eine Möglichkeit, mögliche Risikominimierungsmaßnahmen im Vorfeld einer Planung innerhalb einer heterogenen Gruppe Betroffener in der Region bewerten zu lassen. Es dient einer frühzeitigen Einbindung der Region in der Planungsphase. Der Aufwand ist im Rah-

men größerer Infrastrukturprojekte im Küsten- und Objektschutz mit heterogenen Betroffenheiten relativ gering und fördert tendenziell den Dialog von Gruppen mit unterschiedlichen Ansichten und Interessen. Das Verfahren ist jedoch so allgemein gehalten, dass es auch in anderen Kontexten (beispielsweise der Planung von Verkehrs-Infrastruktur, städtebaulicher Maßnahmen o. ä.) zur Anwendung kommen könnte, um regional Betroffene einzubinden und unnötige Konfliktsituationen zwischen Planern und regional Betroffenen zu vermeiden oder zu verringern. Aus Sicht der Durchführenden in der Region Kieler Förde ist noch Nachbesserungsbedarf hinsichtlich der Durchführung dahingehend, dass die Kriterien in ihrer sprachlichen Bedeutung im Kontext des Risikomanagementes bereits im Vorwege hätten klarer definiert werden müssen. Die Diskussion über einen gemeinsamen „score“ führte zum Teil zu einer Umentscheidung einzelner Teilnehmer. Möglicherweise gibt es hier objektivere Methoden zur Ermittlung des endgültigen Wertes, da insbesondere bei einem sehr gestreuten Meinungsbild möglicherweise die „souveräner“ auftretenden Diskussionsteilnehmer das Meinungsbild bestimmen können. Das Ergebnis der Bewertungen war jedoch vollständig nachvollziehbar und in der Tendenz spiegelte es die Erwartung der Durchführenden wider.

3.5 Web-based Management Guide

Ziel des „Management Guide“ ist der europaweite Austausch von Erfahrungen, die in den verschiedenen Fallstudien-Regionen bezüglich des Umgangs mit Küstenrisiken und der Entwicklung von Vermeidungsstrategien gemacht werden. Am Aufbau des Guide waren die Betreuer der Fallstudienregionen durch Zulieferung von Materialien über die Fallstudienregion beteiligt.

3.5.1 Aufbau des Web-based Management Guide

Der Web-based Management Guide wurde von Ecologic Institute entwickelt und ist unter der Adresse <http://coastal-management.eu/> zu finden (Stelljes et al., 2017). Es handelt sich hierbei um ein fachspezifisch organisiertes, interaktives Produkt, welches die Endnutzer durch Bedienerfreundlichkeit und Inhalte erreichen soll.

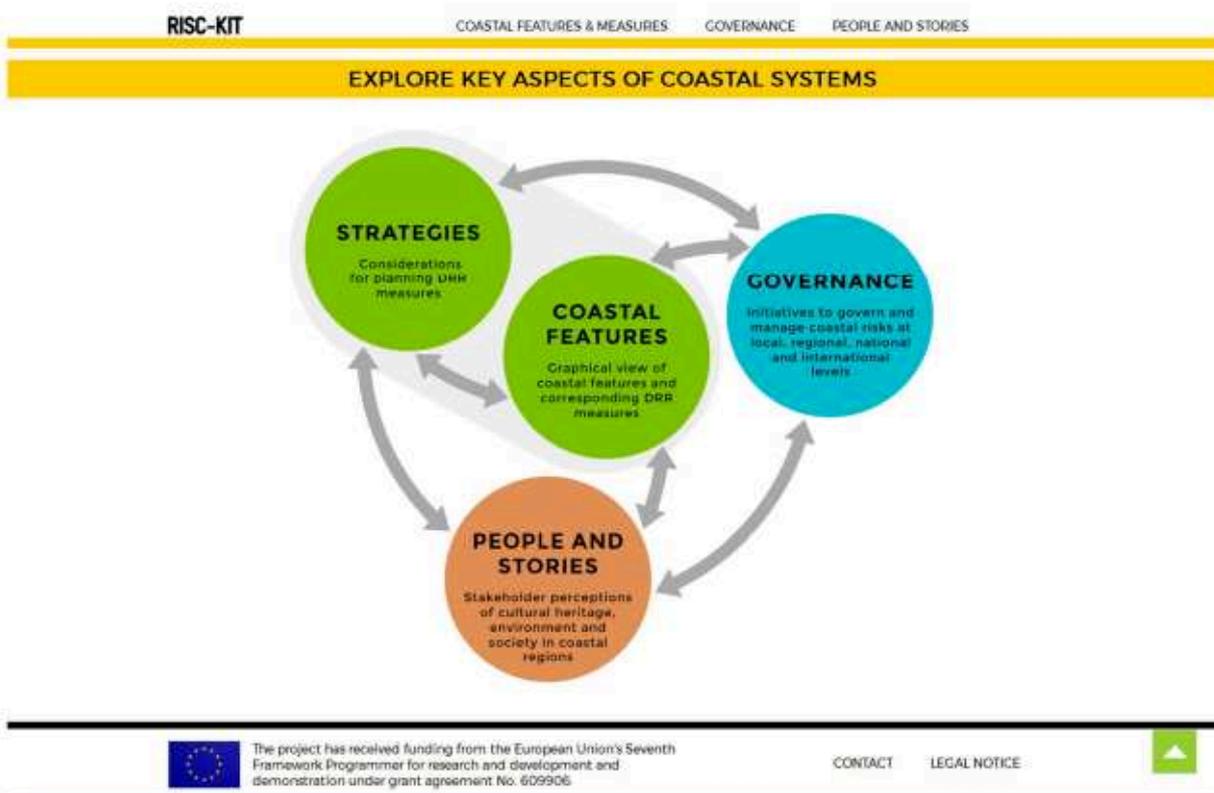


Bild 15 Einstiegsseite des Web-based Management Guide

Über die Einstiegsseite (Bild 15) kommt man in die Teilbereiche:

- Coastal Features: Hier wird ein zusätzlicher Einstieg über die verschiedenen möglicherweise von Küstenrisiken betroffenen Küstenstrukturen hin zu den Strategien ermöglicht.
- Strategies: Hier werden verschiedene praktische Maßnahmen zur Risikoreduktion kurz erläutert und beispielhaft aufgezeigt.
- Governance: Dieser Bereich stellt dar, wie derzeit in den Ländern der Fallstudienregionen die öffentlichen Strukturen und Regularien zur Risikominimierung aufgebaut sind.
- People and Stories: In diesem Teilbereich findet man begleitende Information in Form von Aussagen von Personen aus den behandelten Fallstudienregionen.

3.5.2 Bewertung des Werkzeugs

Der Web-based Management Guide kann ein hilfreicher Einstieg in die sehr vielschichtige Thematik des Integrierten Küstenzonenmanagements für Entscheidungsträger sein. Er führt Anregungen aus verschiedensten Regionen kompakt zusammen und greift neue Ideen der Risikomin-

imierung auf, ohne dabei „überladen“ zu wirken. Auch hier handelt es sich, wie bei der unter 3.1 beschriebenen Datenbank, um eine Prototyplösung, die nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann sondern in der Praxis entsprechend ausgebaut und gegebenenfalls noch optimiert werden sollte.

Nachhaltigkeit erzeugt das Werkzeug im Hinblick auf eine Nutzbarkeit für Endnutzer jedoch nur, wenn ein solches Web-Portal als Dauereinrichtung durch eine fachlich kompetente, öffentliche Stelle betrieben wird und entsprechend neuer Erkenntnisse sowie verfügbarer Information regelmäßig angepasst und gepflegt wird.

4 Indirekte Ergebnisse des Projektes

Indirekt erreichte Ergebnisse waren innerhalb von RISC-KIT durch die Einbindung der Endnutzer in die verschiedenen Phasen des Projektes und die Veranstaltung von Endnutzer-Tagen bei drei der im Rahmen des Projektes abgehaltenen Projektfortschritts-Meetings:

- Die Thematik von Küstenschutz und der daraus resultierenden Bedeutung von Risikoversorge wurde einer breiteren Öffentlichkeit (wieder) stärker bewusst gemacht, was beispielsweise durch das Interesse der in der Fallstudienregion verankerten Regionalzeitung „Kieler Nachrichten“ an Berichterstattungen belegbar ist (Stüben, 2016; Wagner, 2014).
- Endnutzer bekamen einen Einblick in die heutigen technischen Möglichkeiten der Risikoversorge und nahmen für ihren Umgang mit dem Thema wertvolle Informationen auf.

Die Bundesanstalt für Wasserbau konnte über das Projekt RISC-KIT ihre Kompetenz im Bereich der Hochwasserdynamik in der Ostsee erweitern und bekam Einblicke in die Arbeitsweisen anderer Fachdisziplinen außerhalb ihres eigenen Fachbereiches.

Bundesanstalt für Wasserbau
Hamburg, im Oktober 2017

<keine Unterschrift>

5 Literaturverzeichnis

- Baensch, O., 1875. Die Sturmfluth vom 12./13. November 1872 an den Ostseeküsten des preußischen Staates, in: Erbkam, G. (Ed.), Zeitschrift für Bauwesen, vol. 25. Verlag von Ernst & Korn, Berlin, pp. 155–220.
- Barquet, K., Cumiskey, L., 2017. D4.2 Evaluation of DRR plans, 132 pp.
http://www.risckit.eu/np4/file/23/RISCKIT_WP4_D4_2_2017_Updated.pdf.
- BKG, 2012. Digitales Geländemodell Gitterweite 10 m: DGM10, 6 pp.
<http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/dgm10.pdf>. Accessed 21 January 2015.
- Boots-Angler-Club E.V., 2009. Alte Geschichte und zu dünne Leinen.
<http://www.bootsanglerclub.de/wbb/wbb/index.php?page=Thread&threadID=1622>.
- Buhr, W., 1990. Die Sommersturmflut vom 27./28.08.89 in der südwestl. Ostsee. Untersuchung, Lübeck.
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 2014. Seevermessung Meeresboden DGM – GDWiki. http://linwiki-gdi60.bsh.de/wiki/index.php/BSH_WMS_Seevermessung_Meeresboden_DGM. Accessed 26 January 2015.
- Deltares, o. J. Delft-FEWS, Delft, 4 pp.
- Deltares, 2014a. Delft3D-FLOW: Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. User Manual, Delft, 710 pp. Accessed 21 January 2015.
- Deltares, 2014b. Delft3D-WAVE: Simulation of short-crested waves with SWAN. User Manual, 226 pp.
- Ferreira, Ó., Viavattene, C., 2016. D5.1 CRAF Application for all case study sites: Phase 2.
- Ferreira, Ó., Viavattene, C., Jiménez, J.A., 2016. D5.1 Application of CRAF Phase 1: Identification of Hotspots, 467 pp.
- Kling, A., 1989. Der Orkan an der Ostsee, 1. Aufl ed. DSV-Verlag, Hamburg, 95 pp.
- Lefebvre, C., Haeseler, S., 2017. Sturmtief AXEL löst am 3./4. Januar 2017 Orkanböen und eine Sturmflut aus, 8 pp.
http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/stuerme/201701_axel_europa.pdf?__blob=publicationFile&v=1. Accessed 13 January 2017.
- Lehwald, M., o.J. »Wentorf-Orkan« vom 27.08.1989. http://www.seewetter-kiel.de/seewetter/orkan_wentorf.htm. Accessed 6 January 2014.
- MELUR. 2. BWP Schlei/Trave, 353 pp. http://www.wrrl-mv.de/doku/bekanntm2BZ/SchleiTrave/BP/FGE_Schlei_Trave_Bewirtschaftungsplan_2015.pdf. Accessed 13 April 2017.
- 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 (Ed.), Gewässerkundliches Jahrbuch 1989, pp. 2–14.
- Plomaritis, T.A., Ferreira, Ó., 2016. D5.3 Report on the structure of the EWS/DSS.
- Rosenhagen, G., Bork, I., 2009. Rekonstruktion der Sturmflutwetterlage vom 13. November 1872, in: Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Ed.), MUSTOK, vol. 75, pp. 51–70.
- Seiß, G., 2013. Digital bathymetry model of Kiel Fjord 1982-2008. ESRI-ASCII grid, resolution 5 by 5 m. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg.
- Seiß, G., 2014. Bewertung des Gefahrenpotentials von Sturmhochwassern in der Region Kieler Förde. internal report, Hamburg, 27 pp. Accessed 28 July 2014.
- Shustikova, I., 2016. Regional flood impact assessment for Kiel and Eckernförde, Germany. Masterthesis, Kiel, 72 p.
- Shustikova, I., 2017. Regional flood impact assessment for Kiel and Eckernförde, Germany. Posterpresentation. EGU General Assembly 2017, 2017, Wien.
- Stelljes, N., Martinez, G., Mc Glade, K., 2017. D4.3 RISC-KIT Web-based Management Guide. Ecologic Institute gem. GmbH, 24 pp.
http://www.risckit.eu/np4/file/23/RISCKIT_Deliverable_4_3_FINAL_2_.pdf.
- Stüben, H., 2016. „Sturmfluten werden unterschätzt“: Forscher suchen nach maßgeschneiderten Konzepten um Hochwasserschäden in der Kieler Förde zu minimieren. Kieler Nachrichten, September 10, 9.
- Viavattene, C., Jiménez, J.A., Owen, D., Priest, S., Parker, D.J., Micou, A.P., Ly, S., 2015. D2.3 Coastal Risk Assessment Framework: Guidance Document, 155 pp.
- Wagner, P., 2014. ... und die nächste Sturmflut kommt bestimmt: Statistiken lügen nicht: Im Schnitt alle 20 Jahre richten Hochwasser schwere Schäden an der Kieler Förde an. Kieler Nachrichten, December 11, 13.
- Wikipedia, 2015. Ostseesturmhochwasser 1872.
https://de.wikipedia.org/wiki/Ostseesturmhochwasser_1872. Accessed 18 August 2015.
- ZG. „AXEL“ - Stärkste Ostsee-Sturmflut seit zehn Jahren - Der Tag danach *5.1.2017 - YouTube. YouTube-Video, copy from ARD Television channel.
<https://www.youtube.com/watch?v=VjhciwGzOQ>. Accessed 8 March 2017.

