

# Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen extremer Sturmfluten am Beispiel der Region Emden/Krummhörn

Jürgen Jensen, Arne Arns & Marius Ulm  
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)

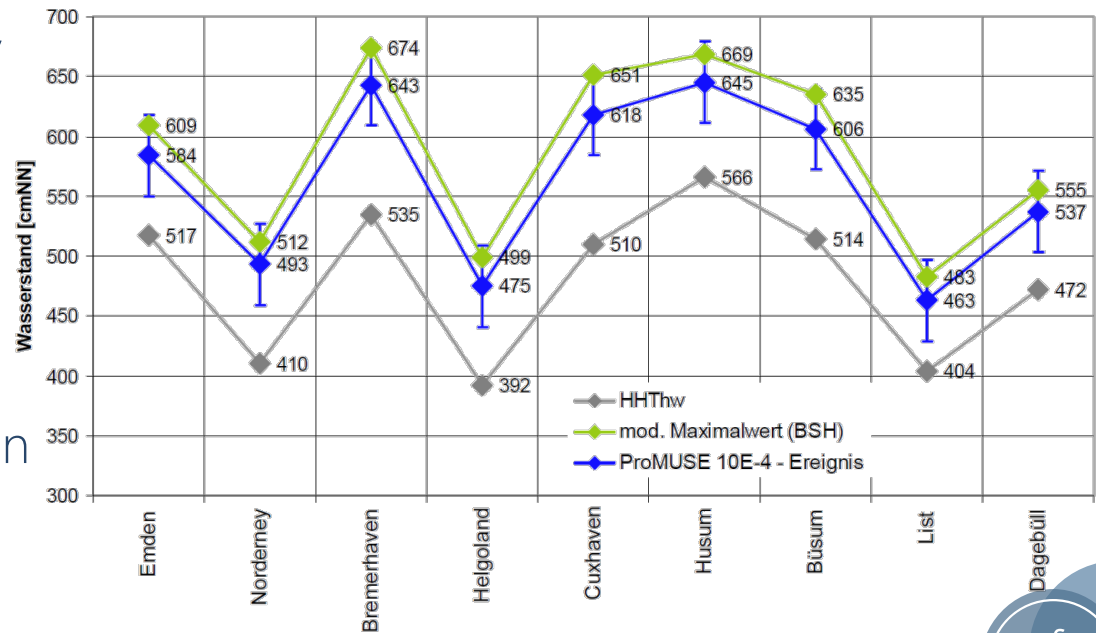


# Hintergrund: KFKI-Projekt MUSE (2002–2005)

- KFKI-Forschungsvorhaben „Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten“ („MUSE“, Fördernummer 03KIS039)
- Statistische Analyse beobachteter und modellierter Extremwasserstände
- Wasserstände 60 bis 110 cm ü. HHThw bei  $P_{\bar{0}} = 10^{-4}/a$  (ohne SLR!) allein durch ungünstige Überlagerung

- Die Küste, 71 (2006), 123-167

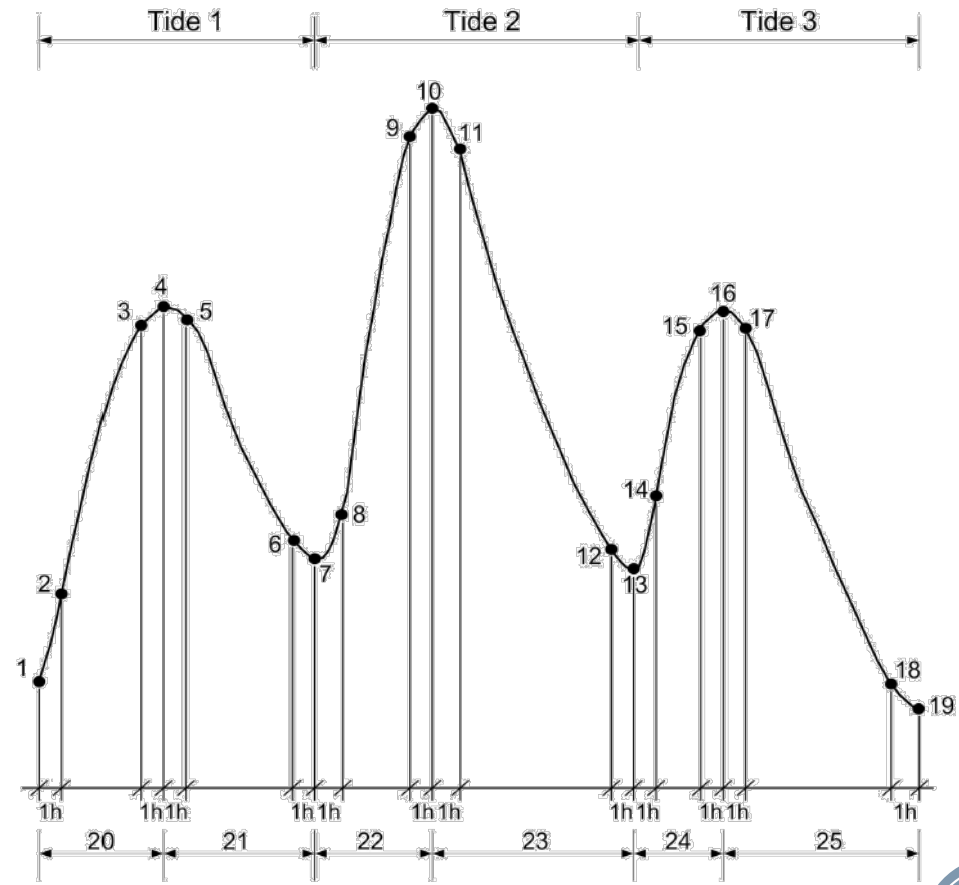
→ Weiterer Forschungsbedarf:  
Berücksichtigung von SLR  
und Verstärkungsmechanismen



# Hintergrund: BMBF-Projekt XtremRisk (2008–2012)

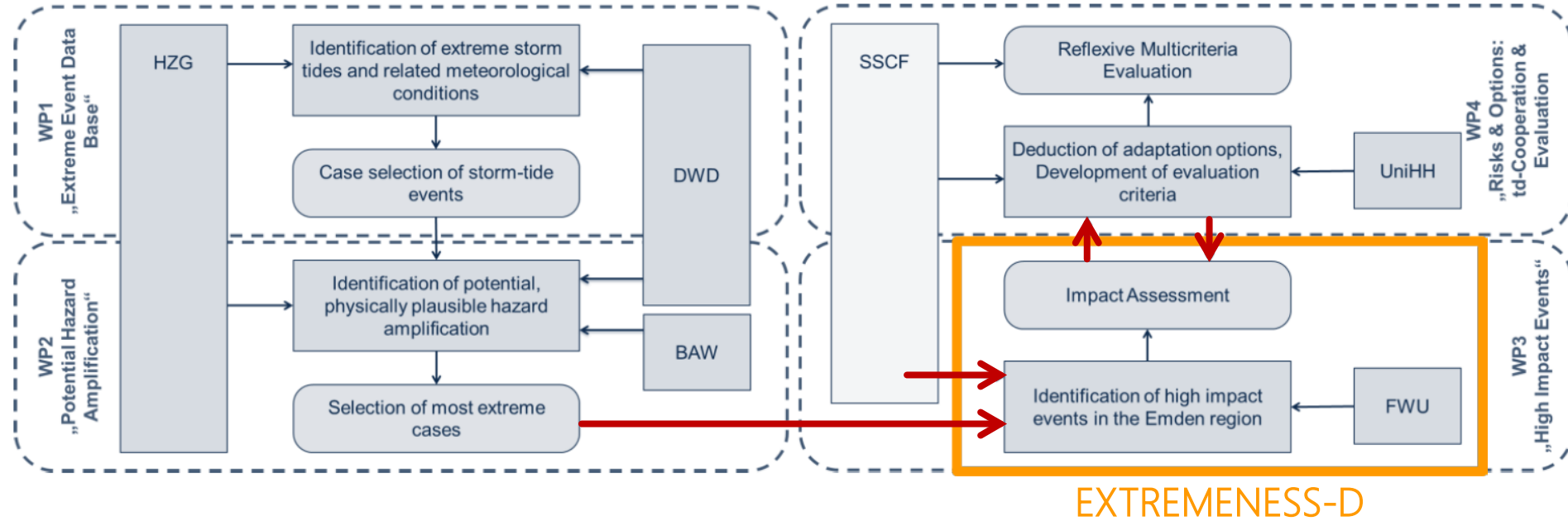
- BMBF-Verbundprojekt „Extremsturmfluten an offenen Küsten und Ästuargebieten – Risikoermittlung und -beherrschung im Klimawandel“
- Parametrisierung von Sturmflutverläufen
- Statistische Einordnung durch bivariate Analysen (Betrachtung von Scheitel und Fülle)
- Die Küste, 81 (2014), 503-523
- u.a. Wahl et al. 2011 & 2012

→ Anwendung der entwickelten „Werkzeuge“



[Wahl et al. 2011]

# Teilprojekt EXTREMENESS-D



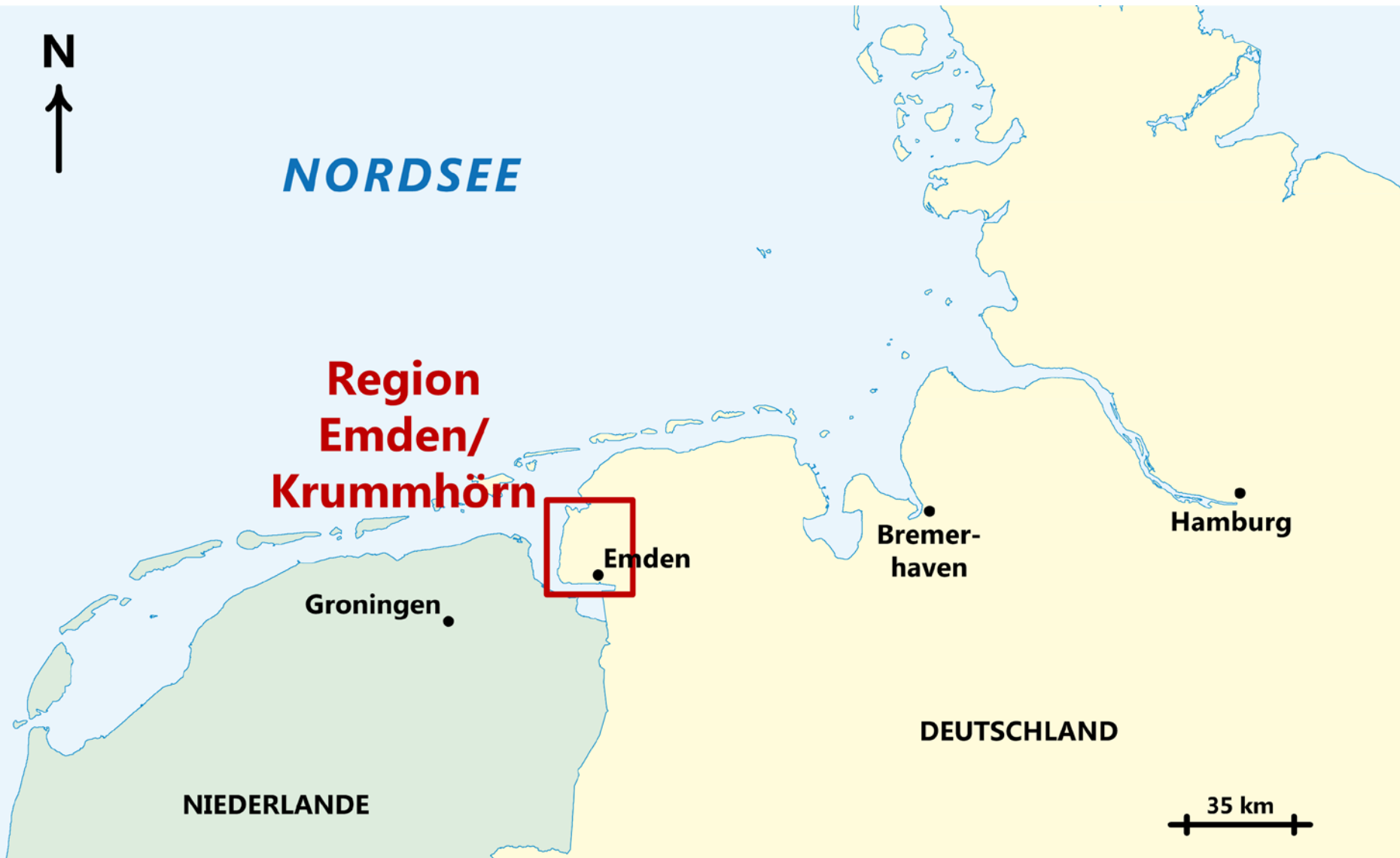
- Extreme Sturmflutereignisse bereitgestellt von HZG, DWD, BAW
- Austausch mit UniHH und dem „Science-Stakeholder-Kooperationsforum“ (SSCF)

# Teilprojekt EXTREMENESS-D

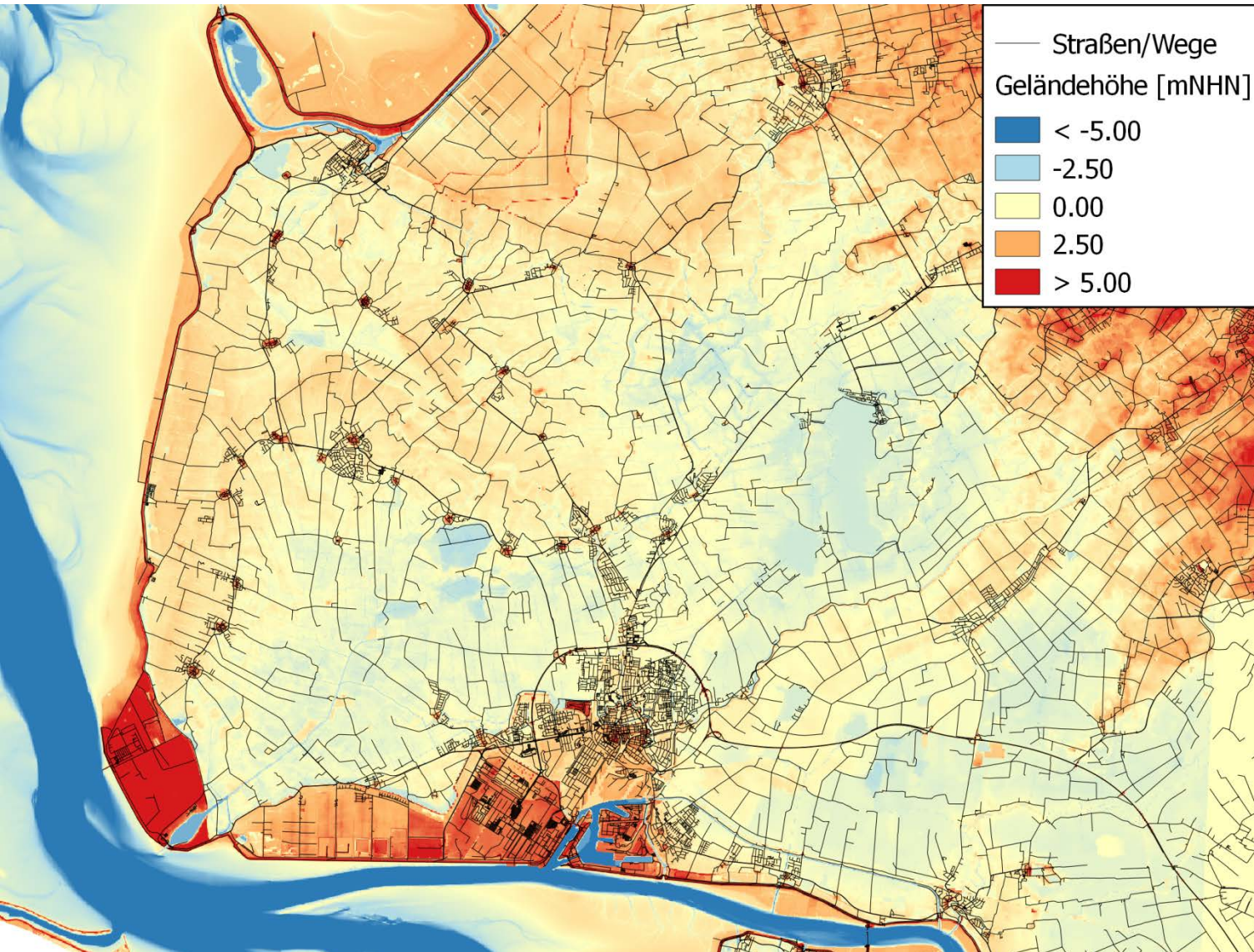
- Arbeitspakete
  - Ermittlung der Wiederkehrintervalle extremer Sturmfluten
  - Auswahl relevanter Versagenszustände
  - Ermittlung von Versagenswahrscheinlichkeiten
  - Simulation der Überflutung bei Eintritt des Versagens
  - Entwicklung vereinfachter und übersichtlicher Risikokarten

am Beispiel der Region Emden/Krummhörn

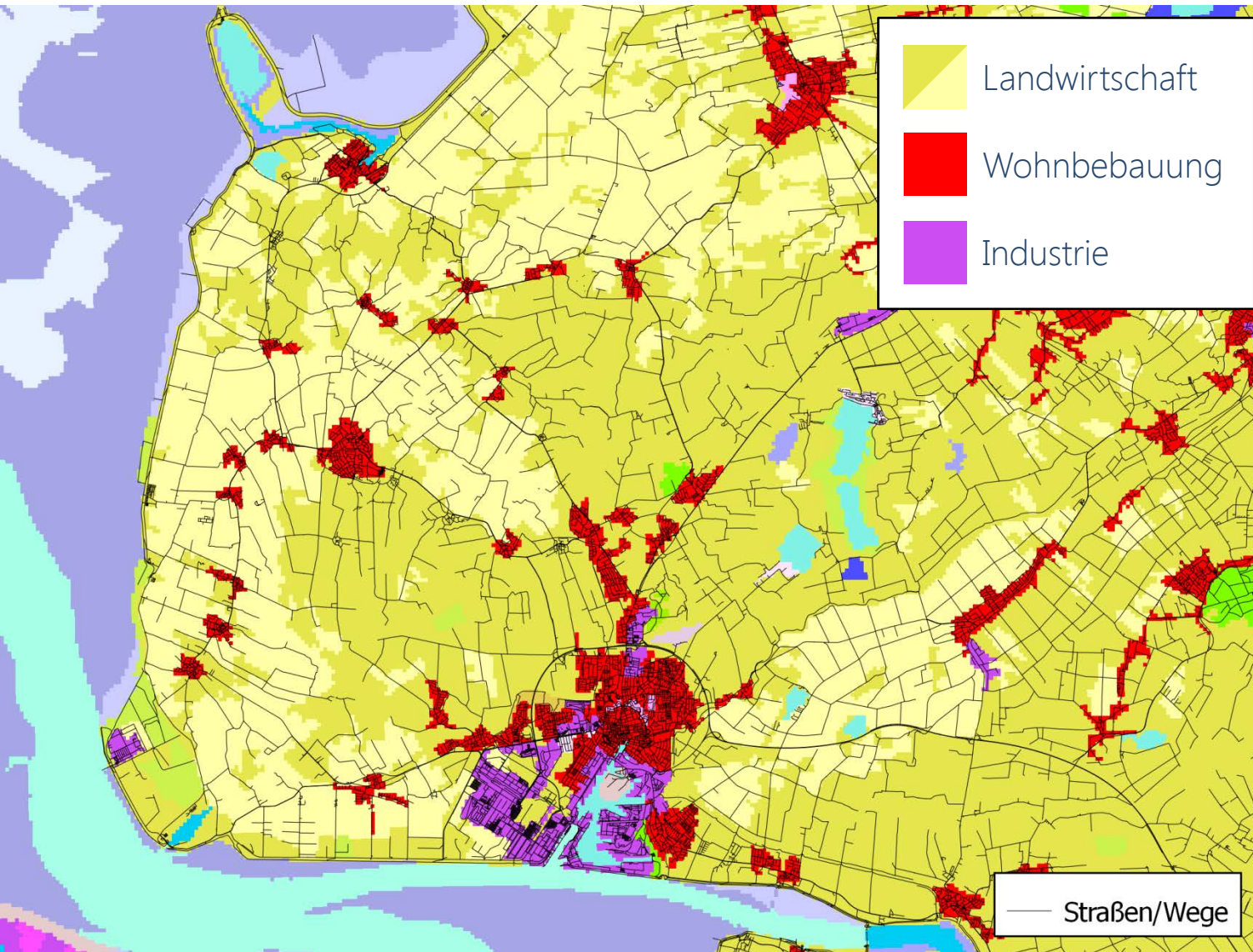
# Untersuchungsgebiet



# Untersuchungsgebiet – Geländehöhe



# Untersuchungsgebiet – Landnutzung

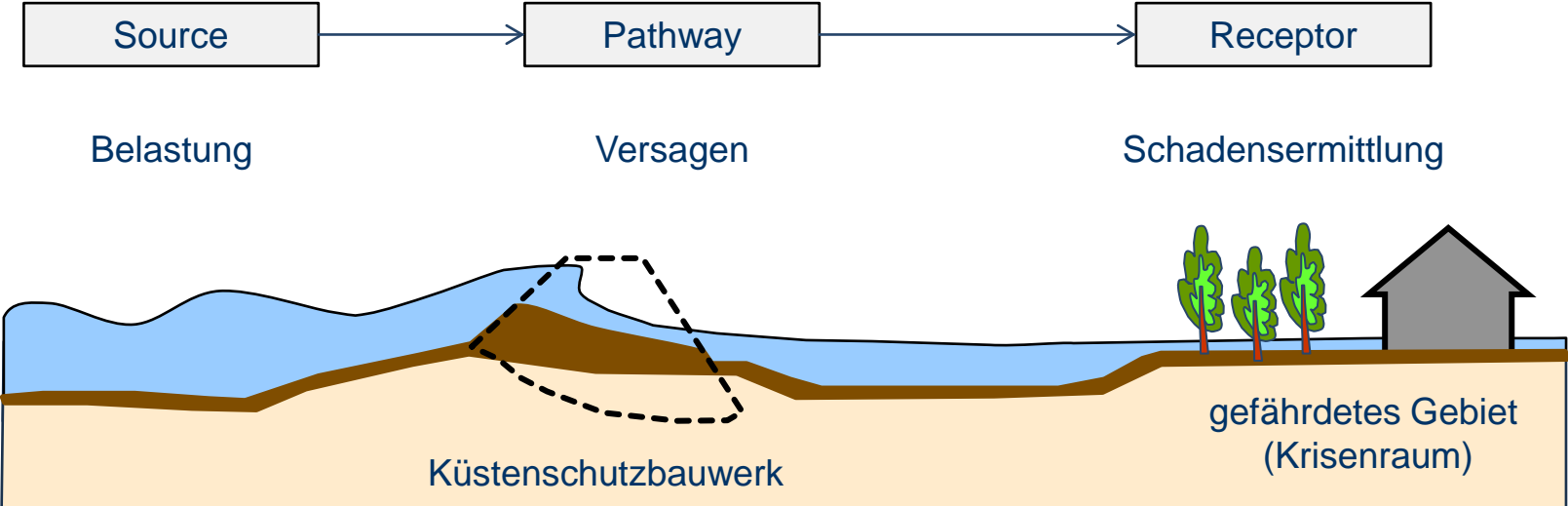
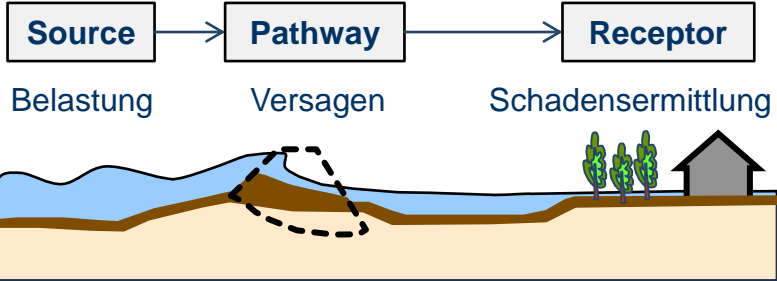


[CLC 2012]





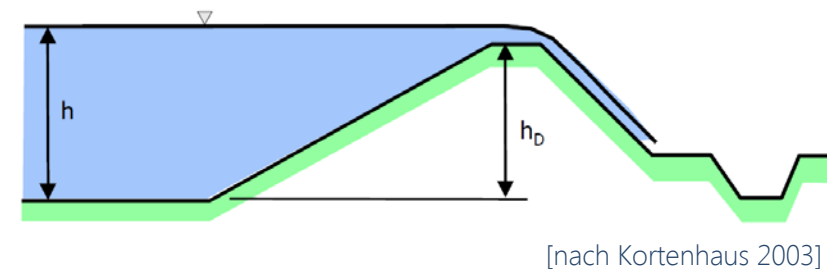
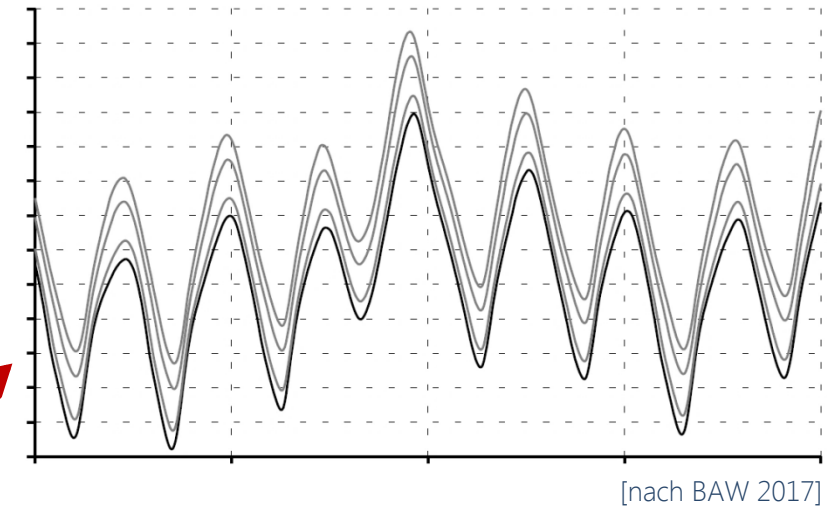
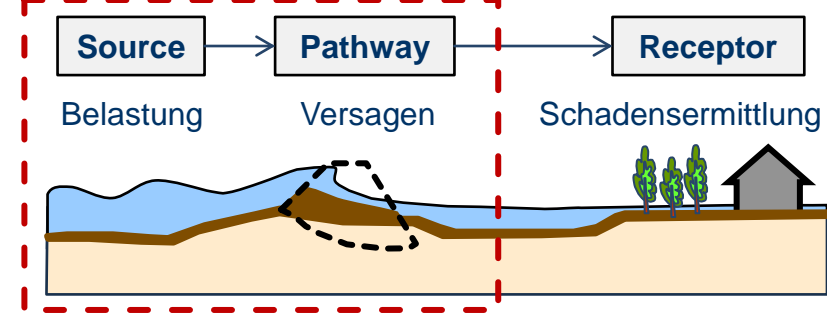
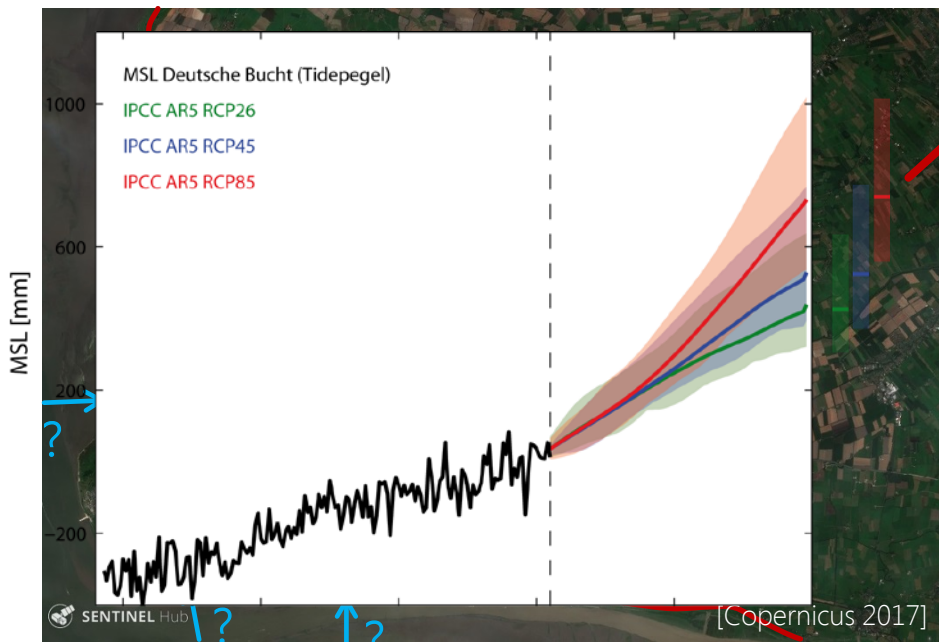
# Methodik



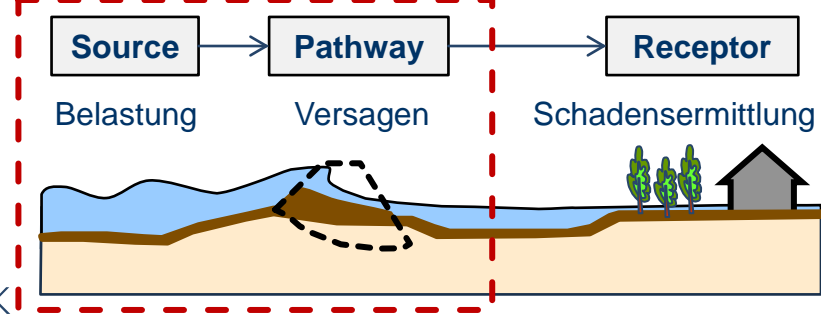
# Belastung und Versagen

- Zusammenstellung von Szenarien
  - Verschiedene Extremereignisse + SLR
  - Verschiedene Versagensmechanismen
  - Verschiedene Abschnitte der Deichlinie

→ Ermittlung von Eintrittswahrscheinlichkeiten

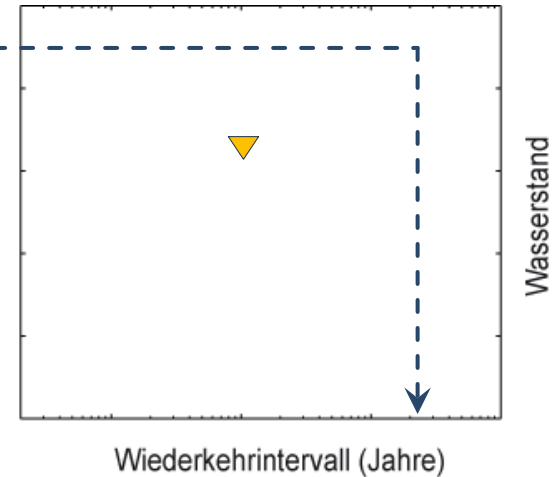
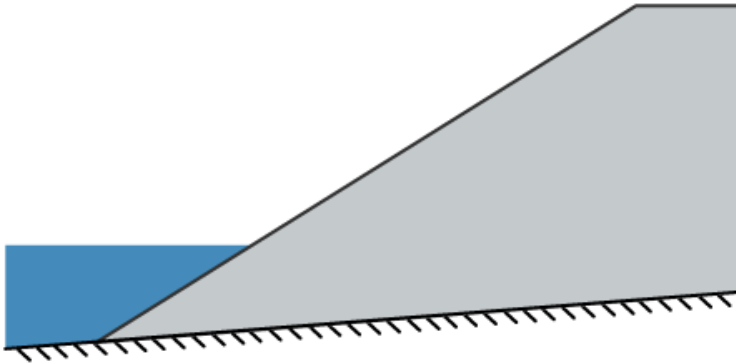


# Belastung und Versagen



- Beobachtete Ereignisse als Basis der Statistik
- Statistische Einordnung der simulierten Extremereignisse
- Vergleich zu bereits abgelaufenen Sturmfluten (z. B. Allerheiligenflut 2006)

Wiederkehrintervall der simulierten Ereignisse  
Wasserstand bei definiertem Wiederkehrintervall

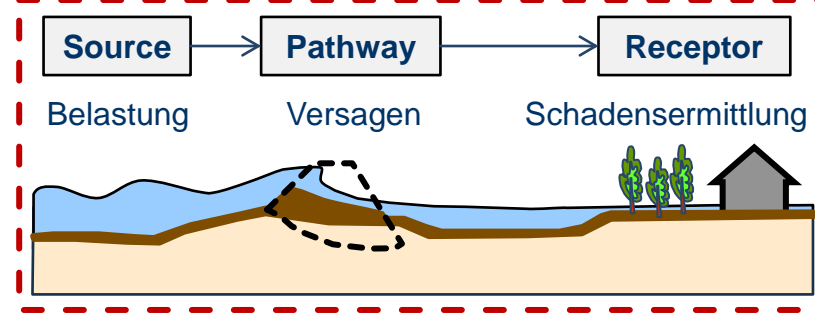


# Schadensermittlung



# Kommunikation

- Entwicklung von Karten zur Risikokommunikation
  - Für Fachleute und Nicht-Fachleute
  - Darstellung der simulierten Szenarien und Konsequenzen
- Diskussion der Ergebnisse mit dem SSCF
  - Folgerungen für den Küsten- und Katastrophenschutz
  - Sind Anpassungsmaßnahmen erforderlich?  
Wenn ja, welche?



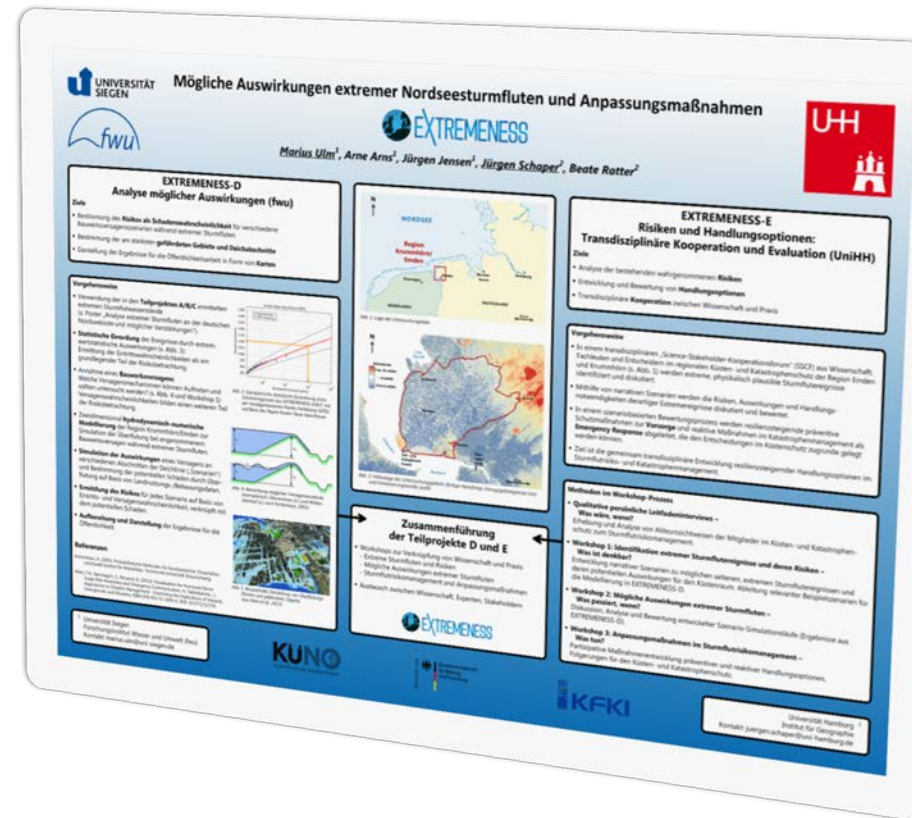
[nach Allen 2013]

Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen,  
Dr.-Ing. Arne Arns  
Marius Ulm, M.Sc.

Universität Siegen  
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)  
Paul-Bonatz-Str. 9-11  
57076 Siegen

[juergen.jensen@uni-siegen.de](mailto:juergen.jensen@uni-siegen.de)  
[www.fwu.uni-siegen.de/wb/](http://www.fwu.uni-siegen.de/wb/)  
[www.facebook.com/fwuUniSiegen/](https://www.facebook.com/fwuUniSiegen/)



**UNIVERSITÄT SIEGEN** **EXTREMENESS** **UHH**

Mögliche Auswirkungen extremer Nordseesturmfluten und Anpassungsmaßnahmen

Marius Ulm<sup>1</sup>, Arne Arns<sup>2</sup>, Jürgen Jensen<sup>1</sup>, Jürgen Schaper<sup>2</sup>, Beate Rotter<sup>2</sup>

**EXTREMENESS-D**  
Analyse möglicher Auswirkungen (fwu)

**Ziele**

- Bestimmung des **Risikos als Schadenswahrscheinlichkeit** für verschiedene Bewertungskriterien unter extremen Sturmfluten
- Bestimmung der am stärksten **gefährdeten Gebiete** und **Verletzlichen**
- Darstellung der Ergebnisse für die **Öffentlichkeit** in Form von Karten

**Vorgehensweise**

- Verwendung der in den **Teilprojekten A/B/C** entwickelten Sturmflutenbewertungsmethoden
- Statistische Bewertung** der Ergebnisse durch extreme Ereignisanalysen (z. B. Abb. 1) zur Ermittlung möglicher Auswirkungen (z. B. Abb. 2) und Wirkung der Anpassungsmaßnahmen als ein Grundgedanke für die Risikoabschätzung
- Analyse einer Risikobewertung** (siehe Vorgehensmaßnahmen) sowie Aufwände und Nutzen (siehe auch Abb. 3) für die Risikoabschätzung
- Quantitative hydrodynamische Modellierung** der Folgen Sturmfluten für die Küstenlinie (siehe auch Abb. 4) zur Abschätzung der Auswirkungen (siehe auch Abb. 5) auf Basis von Landnutzungs-, Bevölkerungs-, Verkehrs- und sonstigen Daten
- Bestimmung des Risikos** für jedes Szenario auf Basis von Wahrscheinlichkeiten, möglichen Schäden und sonstigen Faktoren
- Aufbereitung und Darstellung** der Ergebnisse für die Öffentlichkeit

**Referenzen**

**EXTREMENESS-E**  
Risiken und Handlungsoptionen: Transdisziplinäre Kooperation und Evaluation (UHH)

**Ziele**

- Analyse der bestehenden **wirtschaftlichen Risiken**
- Entwicklung und Bewertung von **Handlungsoptionen**
- Transdisziplinäre **Kooperation** zwischen Wissenschaft und Praxis

**Vorgehensweise**

- In einem transdisziplinären „Science Stakeholder Engagement“ (SSE) aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft (z. B. Abb. 1) werden extreme physikalisch plausible Sturmflutereignisse identifiziert und diskutiert
- Mithilfe von **numerischen Simulationen** werden die Risiken, Auswirkungen und Handlungsoptionen für verschiedene Szenarien bewertet und bewertet
- In einem **transdisziplinären Bewertungsprozess** werden realitätsnahe präventive Schutzmaßnahmen zur **Verringerung** und **realistische Maßnahmen** im Katastrophenschutzmanagement als **Emergency Response** identifiziert, die den Entscheidungsträgern im Katastrophenschutz zugrunde gelegt werden können
- Ziel ist die **gemeinsam transdisziplinäre Entwicklung** realitätsnaher Handlungsoptionen im Sturmfluten- und Katastrophenschutzmanagement

**Methoden im Workshop-Phase**

**Was ist, wenn?**  
Ermittlung und Analyse von **Abschneidemomenten** der Mitglieder in Küsten- und Katastrophenschutz zum **Sturmflutenmanagement**

**Workshop 1: Identifizierung extremer Sturmflutereignisse und Arns Risiken**  
- Entwicklung von Szenarien zu möglichen extremen Sturmflutereignissen und den zugehörigen Auswirkungen für das Küstenraum. Ableitung relevanter Bewertungskriterien für die Modellierung in EXTREMENESS-D

**Workshop 2: Mögliche Auswirkungen extremer Sturmfluten**  
- Diskussion, Analyse und Bewertung möglicher Szenario-Simulationsergebnisse aus EXTREMENESS-D

**Workshop 3: Anpassungsmaßnahmen im Sturmflutenmanagement**  
- Festlegung von Maßnahmenentwicklung präventiver und reaktiver Handlungsoptionen, Maßnahmen für den Küsten- und Katastrophenschutz

**Zusammenführung der Teilprojekte D und E**

- Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis
- Extreme Sturmfluten und Risiken
- Mögliche Auswirkungen extremer Sturmfluten
- Sturmflutenmanagement und Anpassungsmaßnahmen
- Austausch zwischen Wissenschaft, Experten, Entscheidungsträgern

**KUNO** **EXTREMENESS** **KFKI**

Universität Siegen  
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)  
Paul-Bonatz-Str. 9-11  
57076 Siegen

Universität Hamburg  
Institut für Geographie  
Kontakt: juergen.jensen@uni-siegen.de

# Quellen

- Allen, T.R., Sanchagrin, S., McLeod, G. (2013): Visualization for Hurricane Storm Surge Risk Awareness and Emergency Communication, in: Tiefenbacher, J.: Approaches to Disaster Management - Examining the Implications of Hazards, Emergencies and Disasters, ISBN 978-953-51-1093-4, doi: 10.5772/53770.
- Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) (2017): EXTREMENESS-C – Analyse von extremen Sturmfluten in den Ästuaren von Elbe und Ems und mögliche Verstärkungen. Projektinterne Präsentation.
- Copernicus Sentinel 2 data (2017), via Sentinel Hub, [www.sentinel-hub.com](http://www.sentinel-hub.com).
- CORINE Land Cover (CLC) 2012, Version 18.5.1, Copernicus land monitoring service.
- Kortenhaus, A. (2003): Probabilistische Methoden für Nordseedeiche. Dissertation, Fachbereich Bauingenieurwesen, Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Germany, 154 S.
- Jensen, J., Mudersbach, C., Müller-Navarra, S.H., Bork, I., Koziar, C., Renner, V. (2006): Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der deutschen Nordseeküste. Die Küste 71, 123-167.
- Oumeraci, H., Kortenhaus, A., Burzel, A., Naulin, M., Dassanayake, D.R., Jensen, J., Wahl, T., Mudersbach, C., Gönnert, G., Thumm, S., Gerkenmeier, B., Fröhle, P., Daemrich, K.-F., Pasche, E., Ujeyl, G. (2014): XtremRisk – Integrated Flood Risk Analysis for Extreme Storm Surges at Open Coasts and in Estuaries: Key Results and Lessons Learned. Die Küste, 81 (2014), 503-523.
- Wahl, T., Mudersbach, C., Jensen, J. (2011): Assessing the hydrodynamic boundary conditions for risk analyses in coastal areas: a stochastic storm surge model. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 2925-2939, doi: 10.5194/nhess-11-2925-2011
- Wahl, T., Mudersbach, C., Jensen, J. (2012): Assessing the hydrodynamic boundary conditions for risk analyses in coastal areas: a multivariate statistical approach based on Copula functions. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 495-510, doi: 10.5194/nhess-12-495-2012