
KLIWAS

Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt
Entwicklung von Anpassungsoptionen

Szenarien für die Ästuare und wasserbauliche Anpassungsoptionen

Rita Seiffert und Fred Hesser

Betroffenheit wasserbaulicher Anlagen der Nordseeküste und der Ästuare durch
Klimaänderungen / Anpassungsoptionen für Wasserstraßen und Häfen an der
deutschen Küste sowie für den Küstenschutz bei Extremereignissen



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

3. KLIWAS Statuskonferenz, 12./13. November 2013



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Ziele



Allgemein:

- Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt auf den **Seeschifffahrtsstraßen**
- integriertes Bewirtschaftungsmanagement

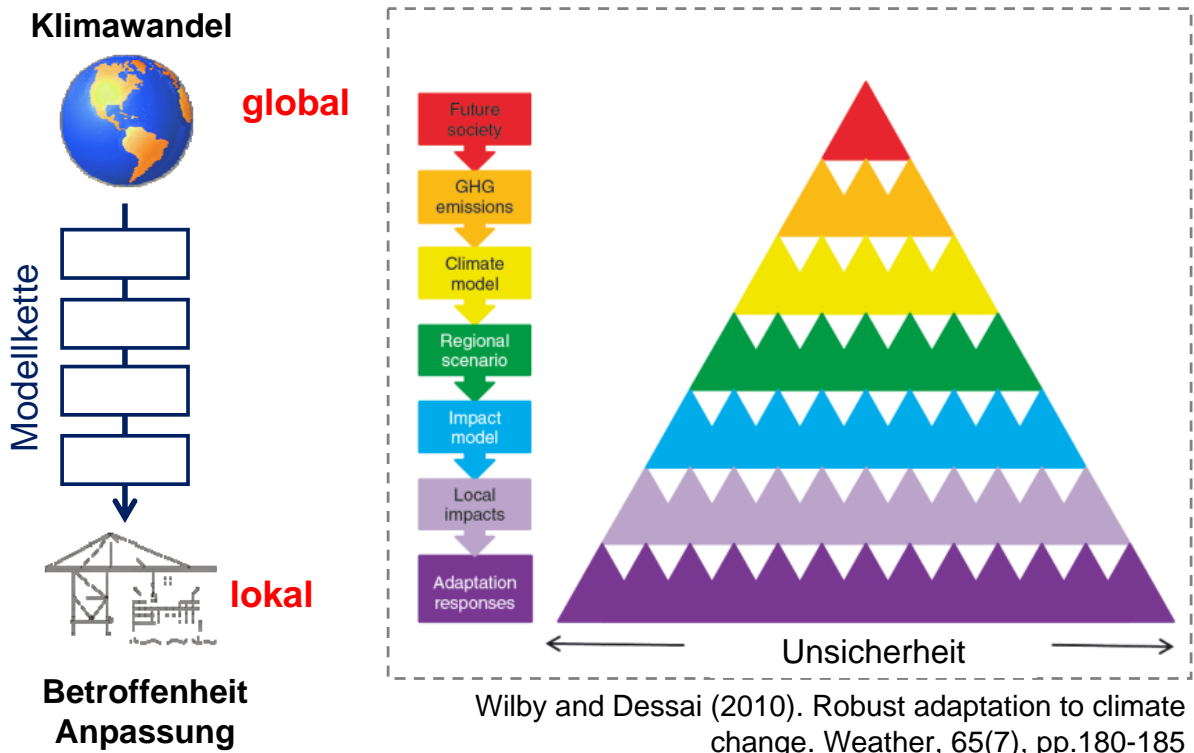
Stichworte:

- Sicherheit der Ufer und Bauwerke, Deichsicherheit
- Sedimentmanagement
- Brauchwasser-Nutzung
- Vorflut-Funktion von Wasserstraßen

Forschungsziele:

- Einfluss des Klimawandels auf die **Seeschifffahrtsstraßen**
- Entwicklung von **Anpassungsoptionen**

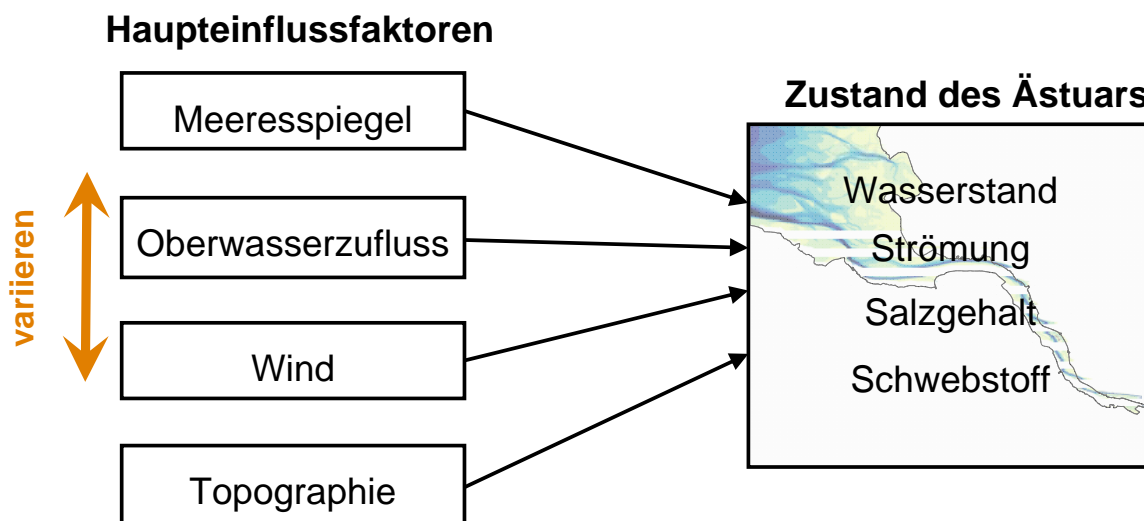
Klimawandel → Wasserstraße



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

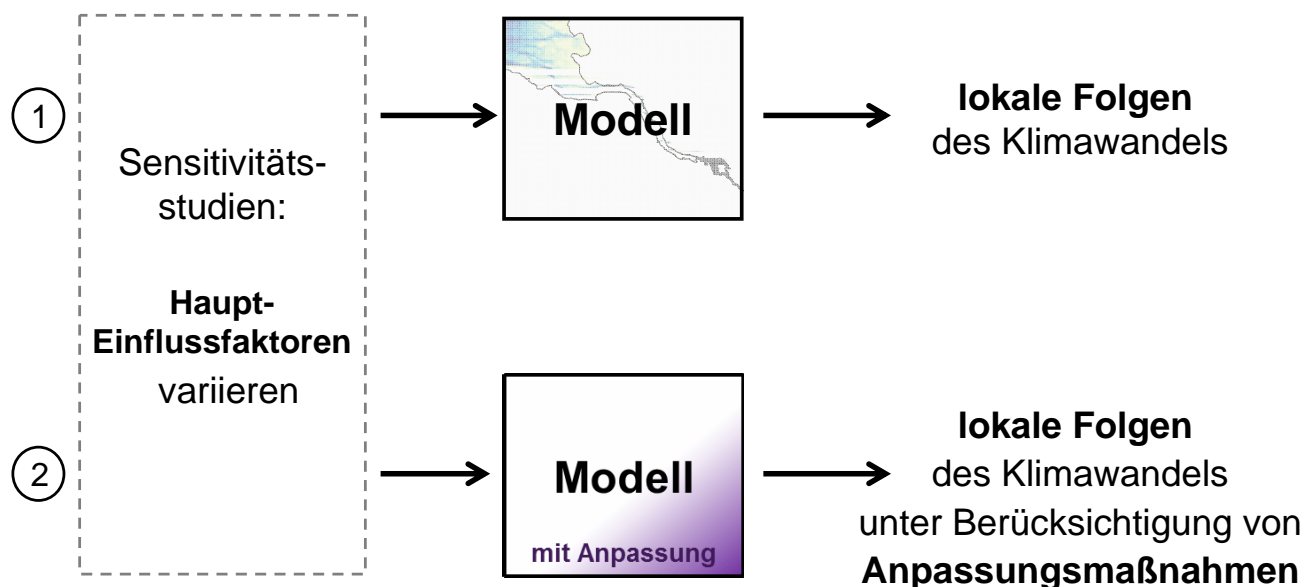
Einfluss des Klimawandels

Sensitivitätsstudien



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Anpassungsoptionen



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

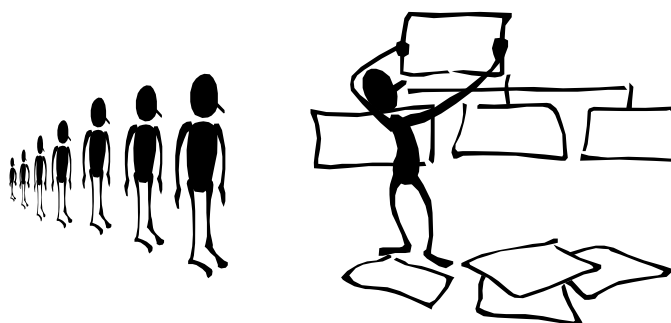
Ergebnisse

- Mittlere / Typische Verhältnisse

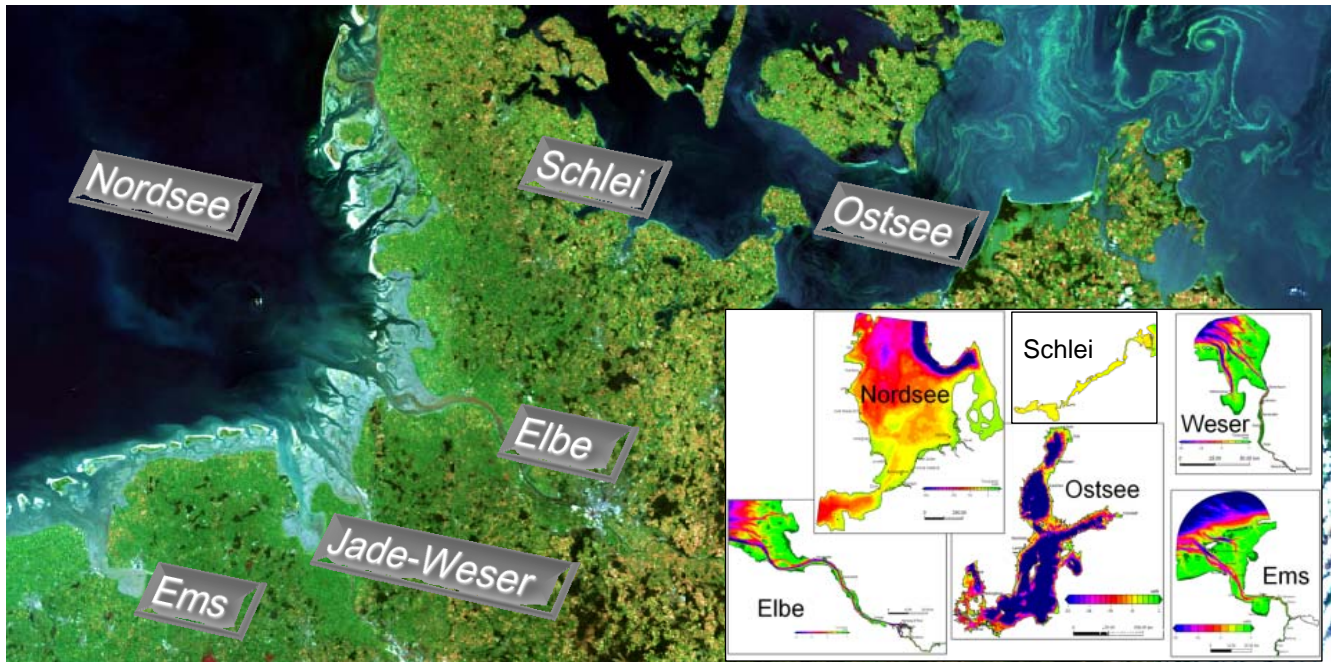
Fred Hesser

- Sturmfluten

Rita Seiffert



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

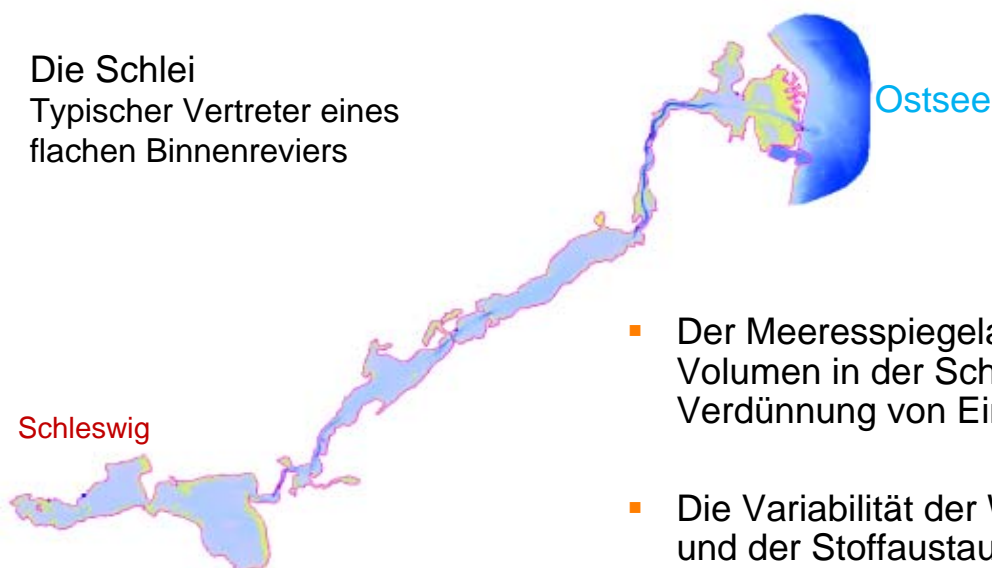


Originaldaten: MERIS FR © ESA 2006
Bildbearbeitung: Brockmann Consult © 2010

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Meeresspiegelanstieg in der Ostsee

Die Schlei
Typischer Vertreter eines
flachen Binnenreviers



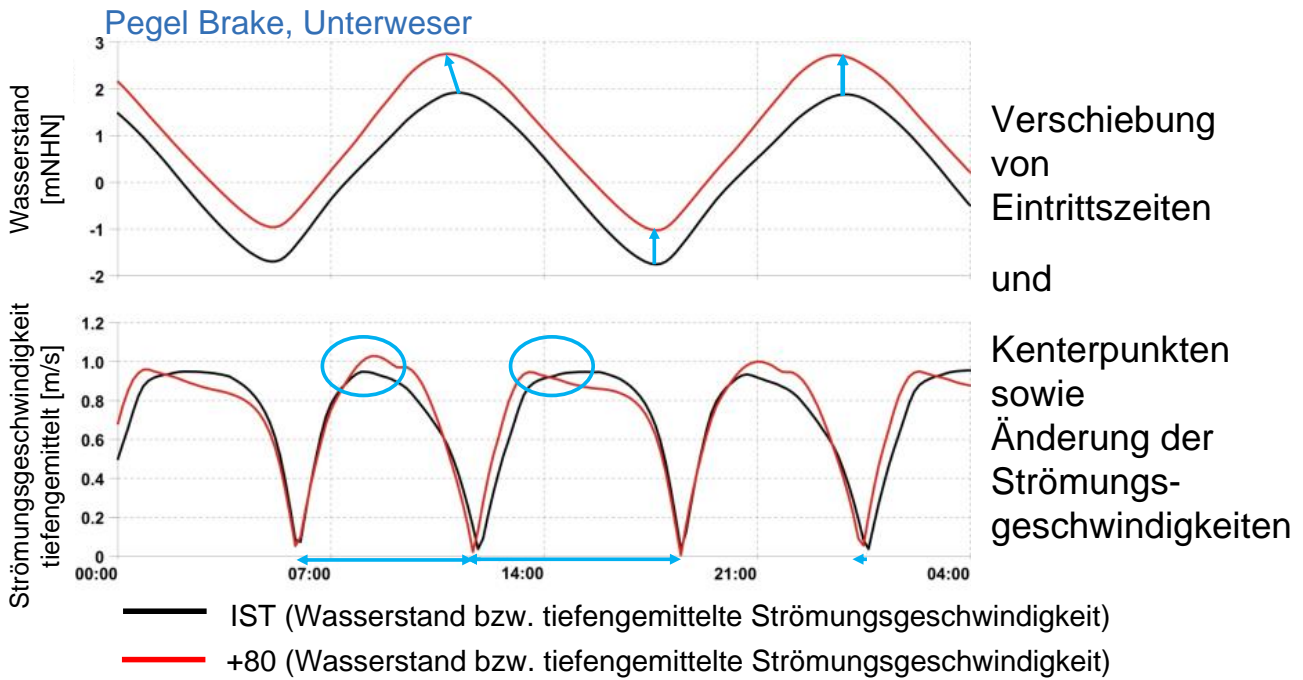
Die Erkenntnisse sind qualitativ
auf andere Binnenreviere wie
die Bodden und das Stettiner Haff
übertragbar

- Der Meeresspiegelanstieg vergrößert
Volumen in der Schlei → stärkere
Verdünnung von Einleitungen
- Die Variabilität der Wasserstände
und der Stoffaustausch mit der
Ostsee erhöhen sich in der Schlei

Meeresspiegelanstieg

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

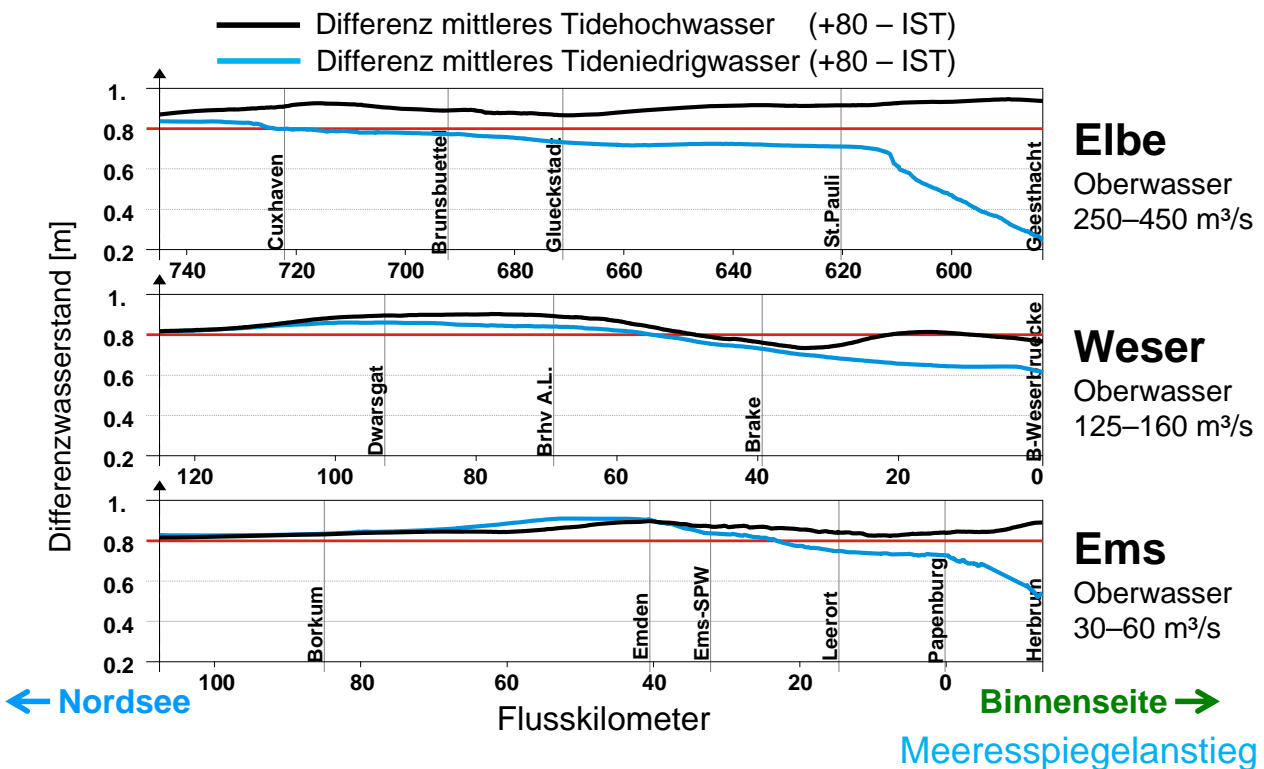
Zeitreihe Wasserstand und Strömung



Meeresspiegelanstieg

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

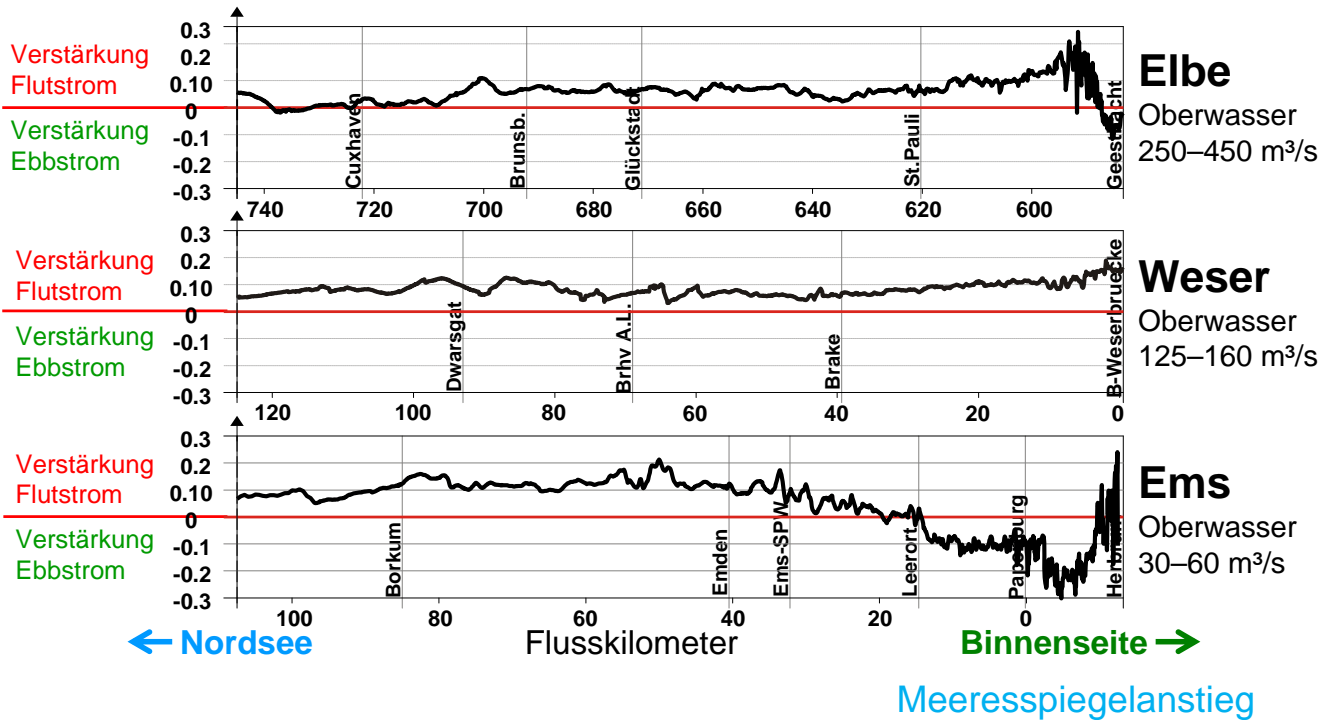
Mittlere Differenzwasserstände



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Flut- zu Ebbestromverhältnis

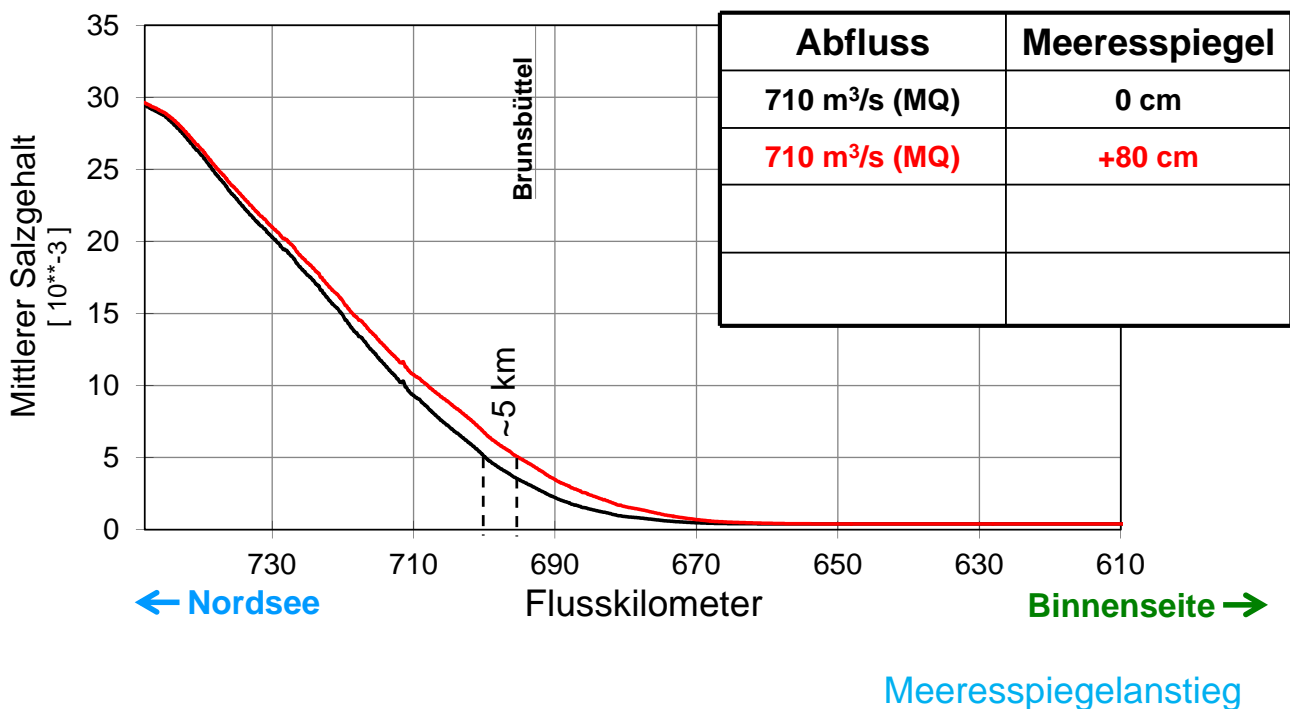
Differenz der mittleren, tiefengemittelten Flut- zu Ebbestromgeschwindigkeit (+80 – IST)



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

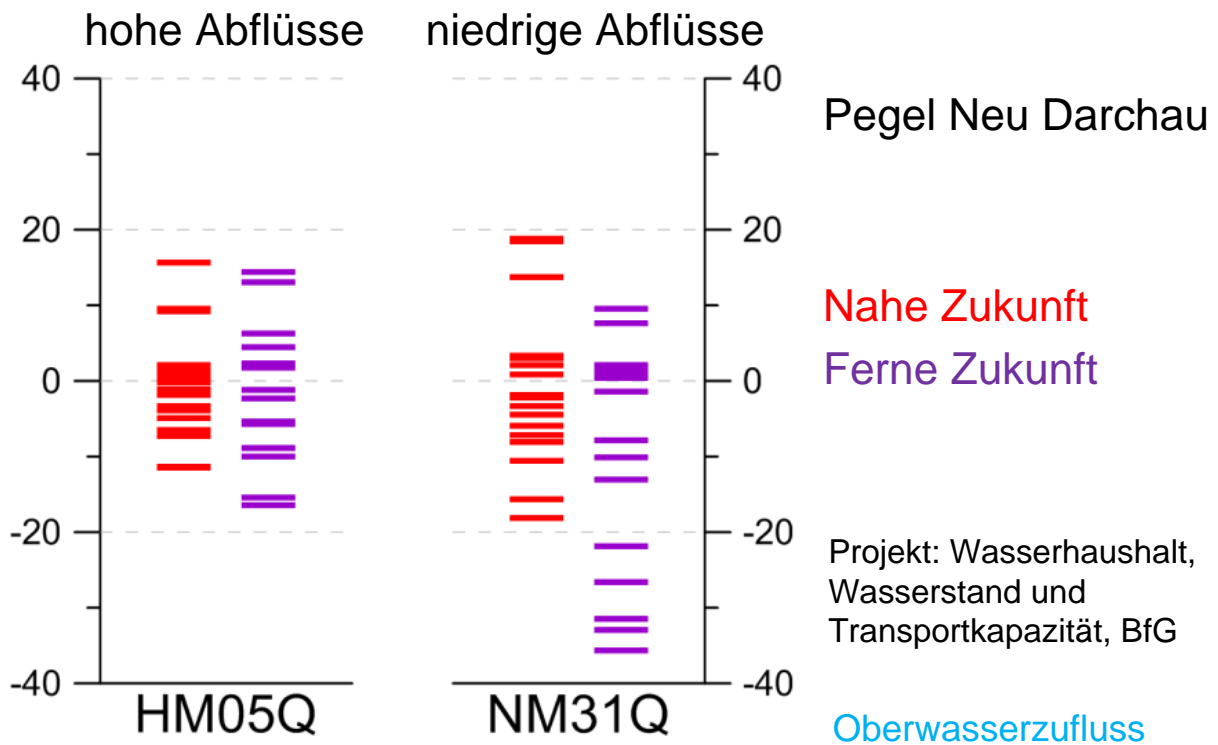
Lage der Brackwasserzone in der Elbe

Gleichgewichtszustand zwischen Tide und Abfluss



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

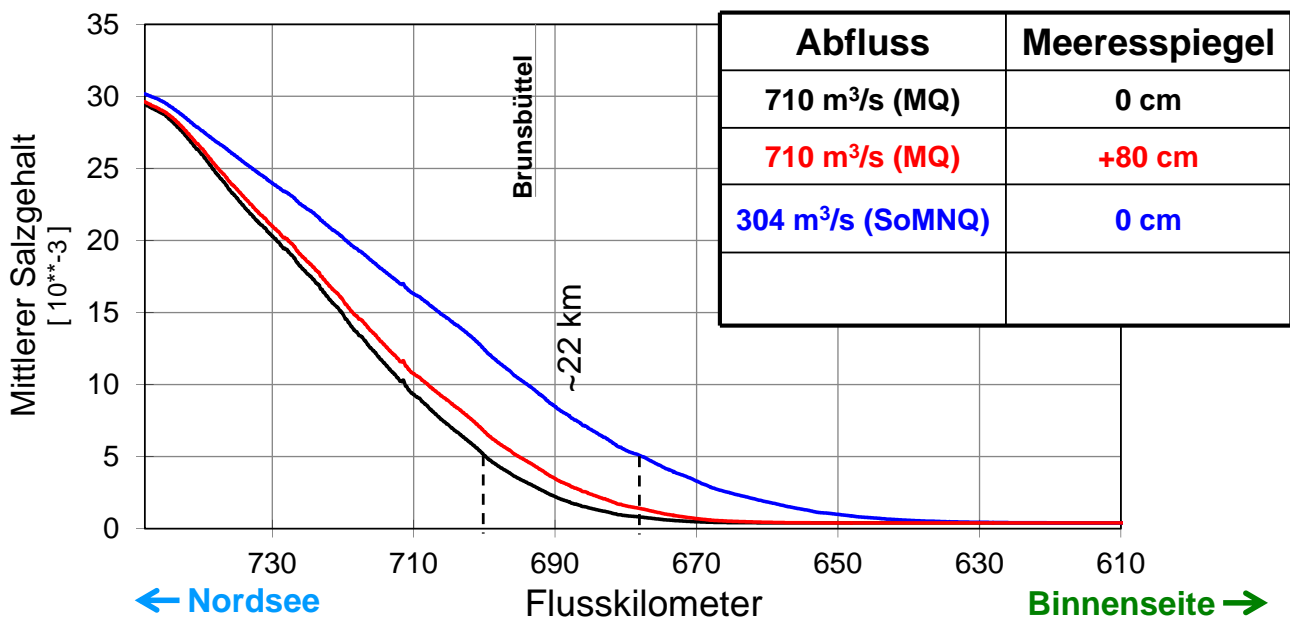
Abflussprojektion Elbe



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Lage der Brackwasserzone in der Elbe

Gleichgewichtszustand zw. Tide und Abfluss

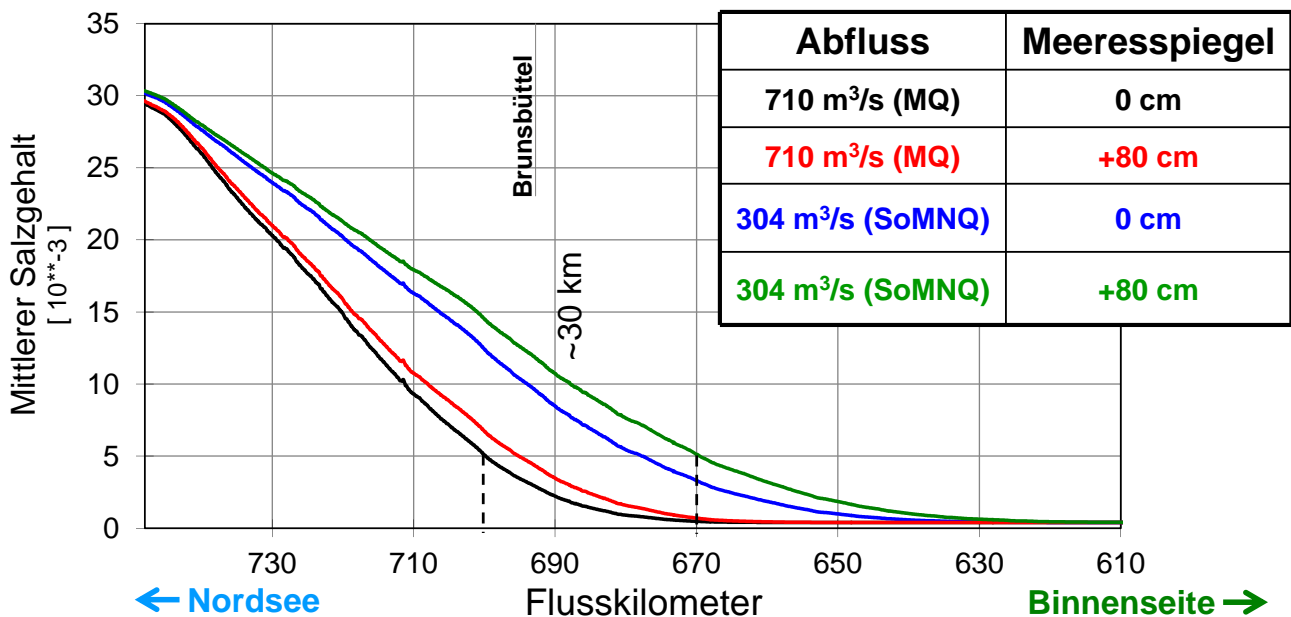


Oberwasserzufluss / Meeresspiegelanstieg

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Lage der Brackwasserzone in der Elbe

Gleichgewichtszustand zw. Tide und Abfluss



Oberwasserzufluss / Meeresspiegelanstieg

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Kernaussagen Sensitivitätsstudien

Bei Meeresspiegelanstieg:

- Tidehochwasser wird stärker angehoben als das Tideniedrigwasser

Bei lang anhaltendem niedrigen Oberwasserzufluss und bei Meeresspiegelanstieg:

- Trübungs- und Brackwasserzone verschieben sich stromauf
- Der stromaufgerichtete Sedimenttransport wird erhöht

- Niedriges Oberwasser verschiebt die Brackwasserzone kurzfristig deutlich stärker als der Meeresspiegelanstieg.
- Die Veränderung durch den Meeresspiegelanstieg ist dagegen dauerhaft

Oberwasserzufluss / Meeresspiegelanstieg

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

- Salz: Viehtränke, Frostschutzberegnung, Kühlwassernutzung, Korrosionsschutz...
- Schwebstoff: Erhöhter Baggerbedarf, ökologische Beeinträchtigung...

Diese Betroffenheiten bestehen bereits und werden verstärkt

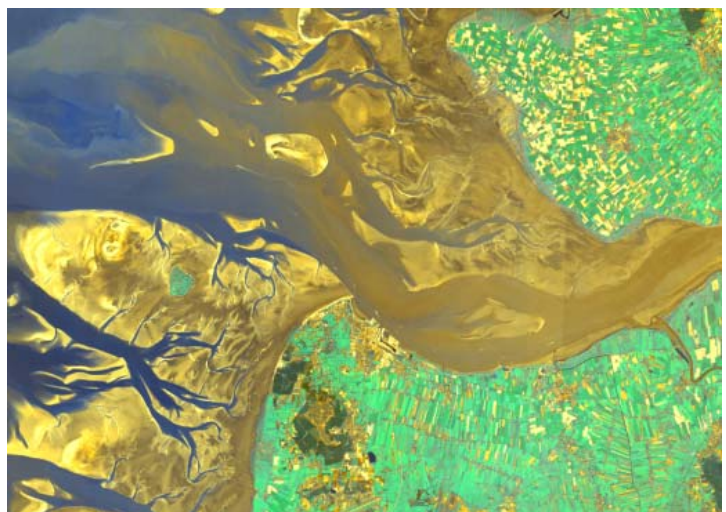
Bereits geplante Anpassungsoptionen hinsichtlich des Klimawandels untersuchen

Oberwasserzufluss / Meeresspiegelanstieg

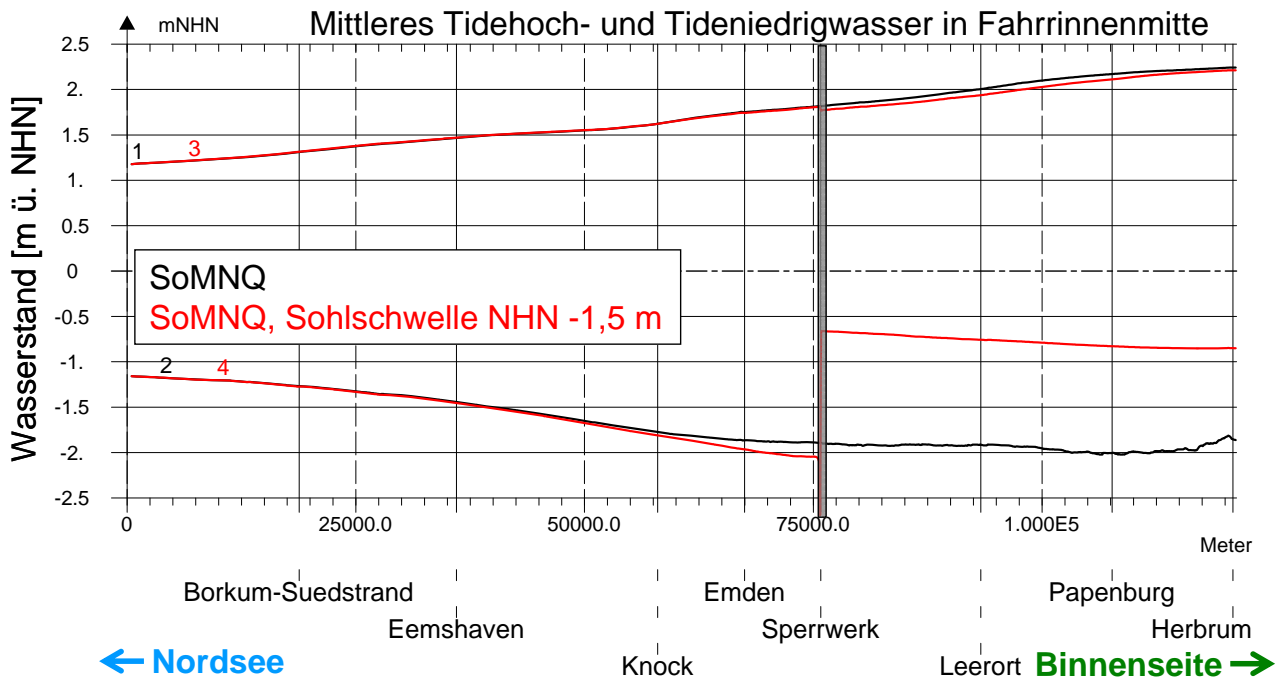
3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Anpassungsoptionen

- Sohlschwelle am Emssperrwerk zur Verminderung des seeseitigen Schwebstoffeintrags
- Wirkung von Wattflächen in der Elbmündung



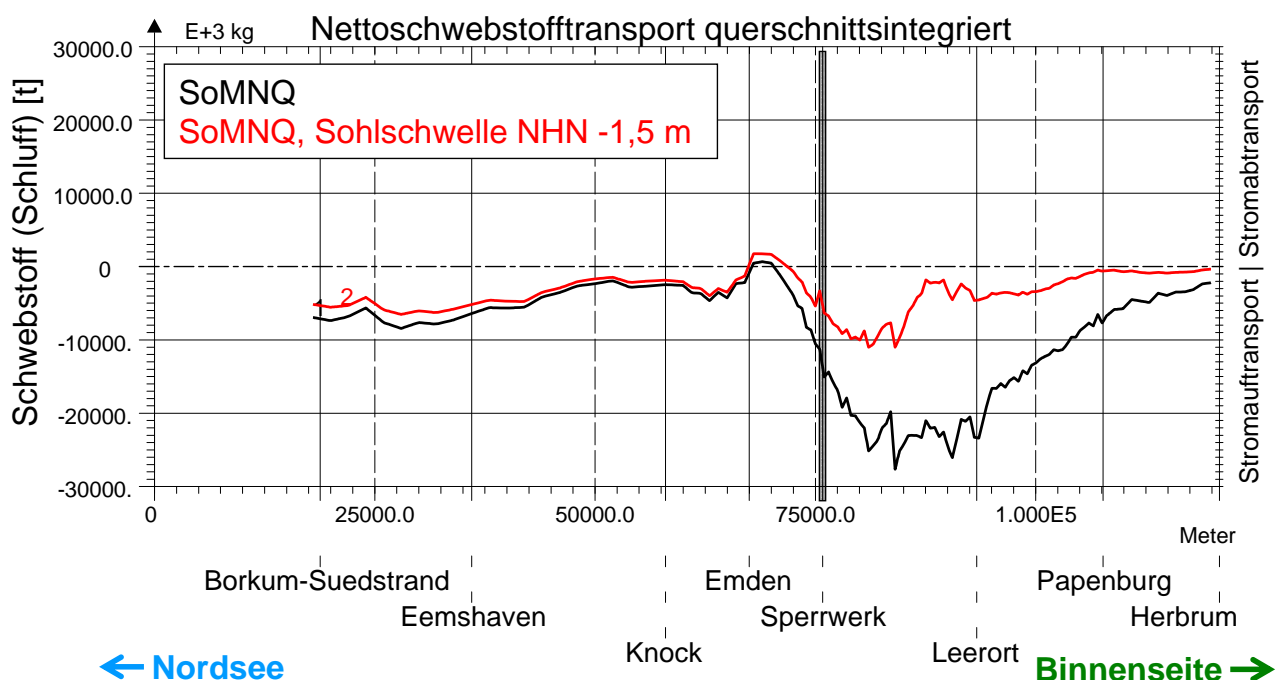
Verringerung des Tidehubs



Anpassungsoption Oberwasserzufluss / Meeresspiegelanstieg

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

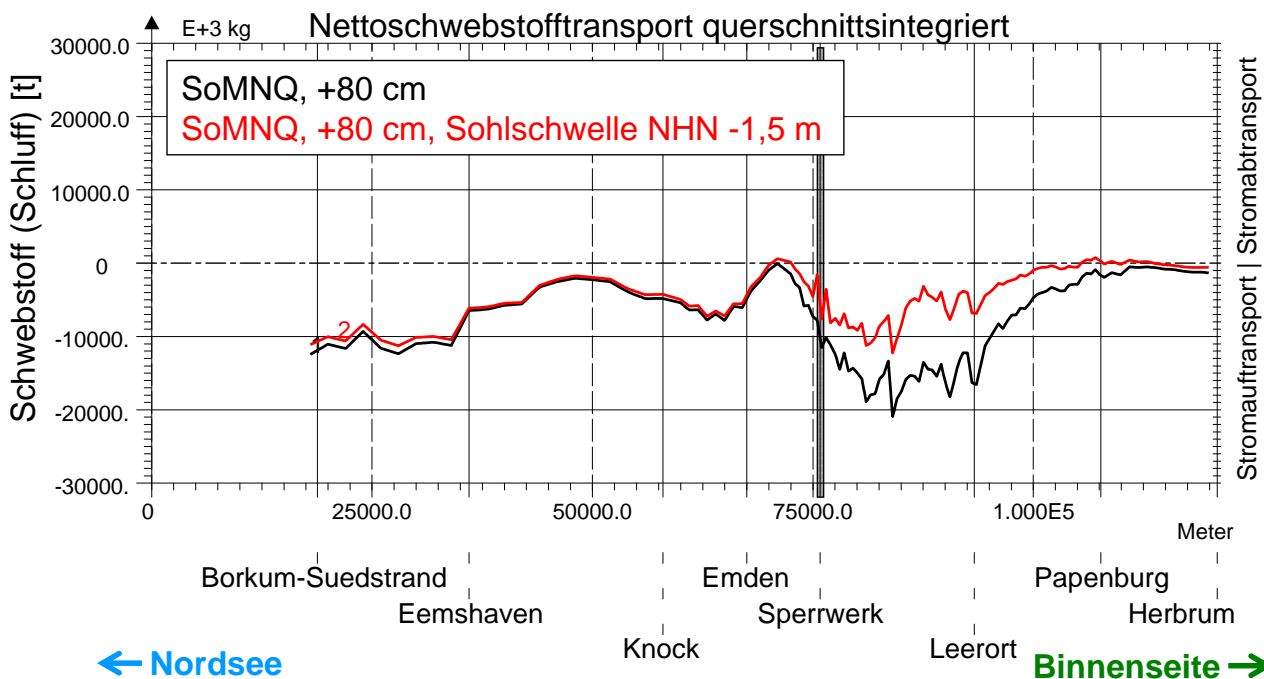
Verringerung des Schwebstofftransports



Anpassungsoption Oberwasserzufluss / Meeresspiegelanstieg

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Verringerung des Schwebstofftransports

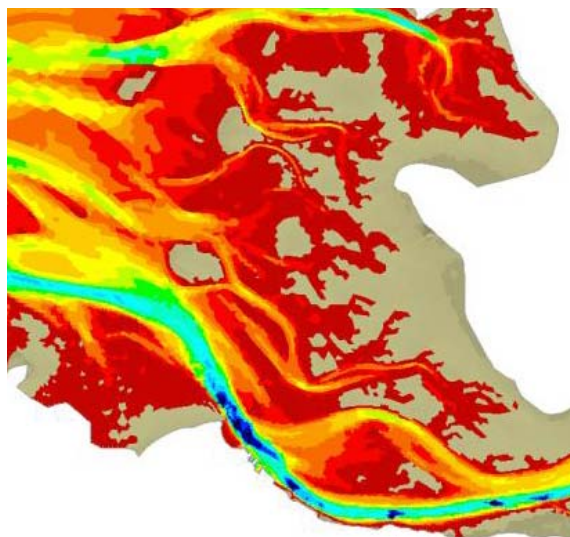


Anpassungsoption Oberwasserzufluss / Meeresspiegelanstieg

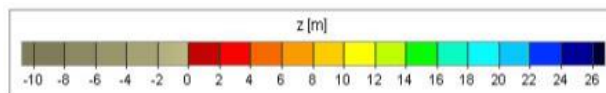
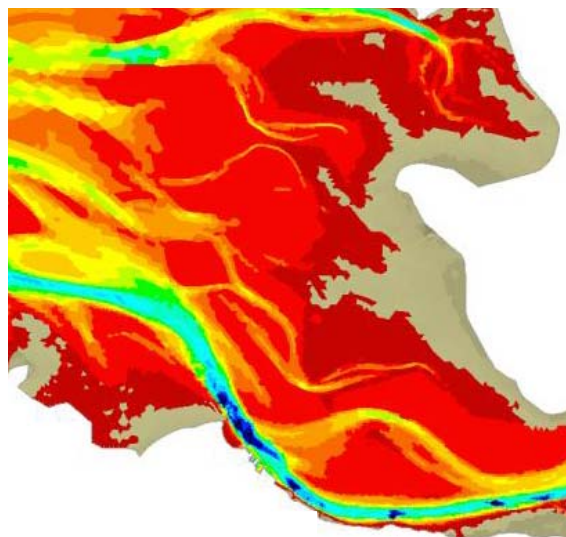
3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Szenarienrechnung Wattflächen Elbe

Ist-Zustand



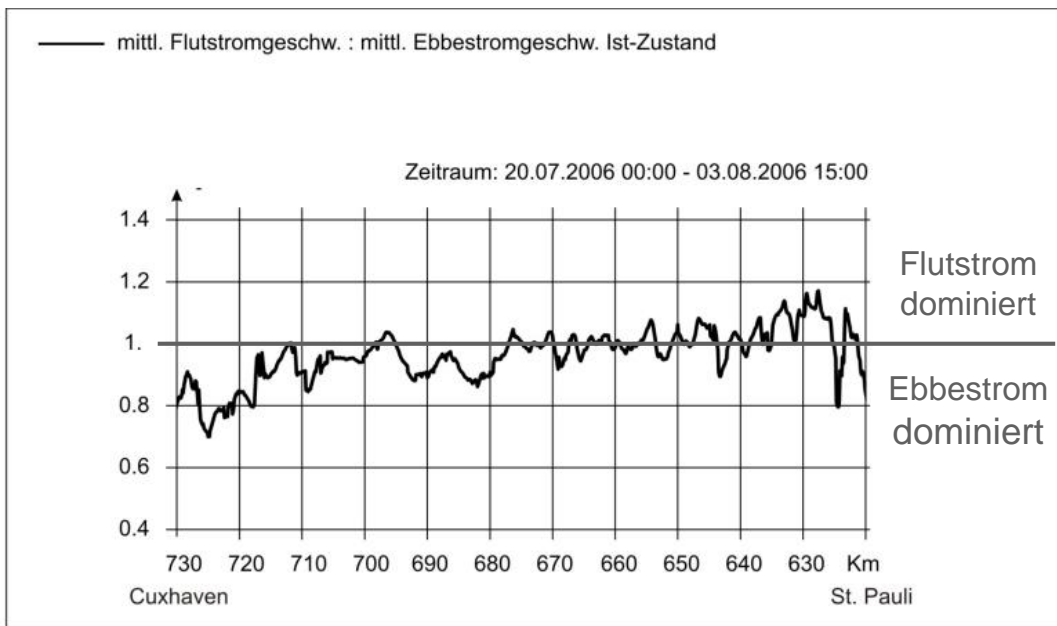
V2100 - Szenario: Verlust von Wattflächen



Wirkung Wattflächen in der Elbemündung

Flutstrom : Ebbestrom (Elbe)

Ist-Zustand



← Nordsee

Binnenseite →

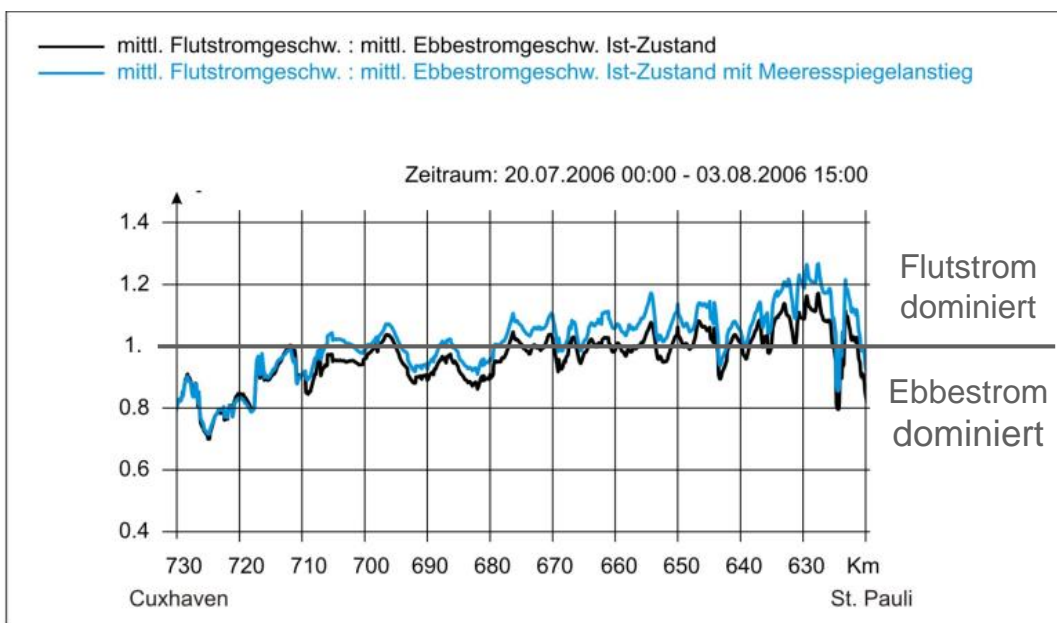
Wirkung Wattflächen in der Elbemündung



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Flutstrom : Ebbestrom (Elbe)

Ist-Zustand **Ist-Zustand +80 cm**



← Nordsee

Binnenseite →

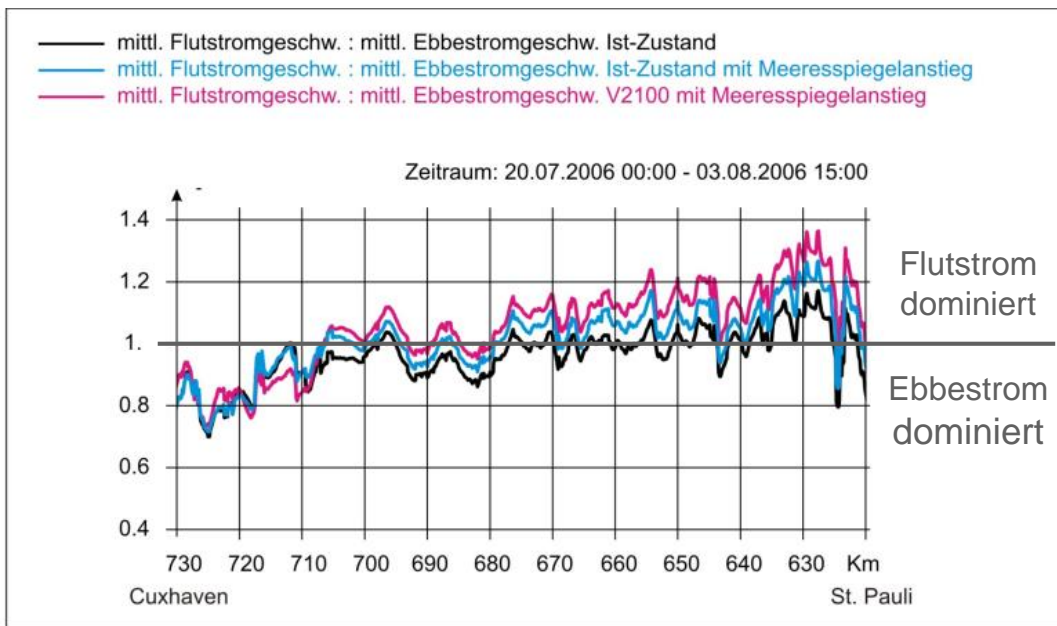
Wirkung Wattflächen in der Elbemündung



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Flutstrom : Ebbestrom (Elbe)

Ist-Zustand **Ist-Zustand +80 cm** Verlust von Wattflächen **+80 cm**



← Nordsee

Binnenseite →

Wirkung Wattflächen in der Elbemündung



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Sturmflut und Klimawandel

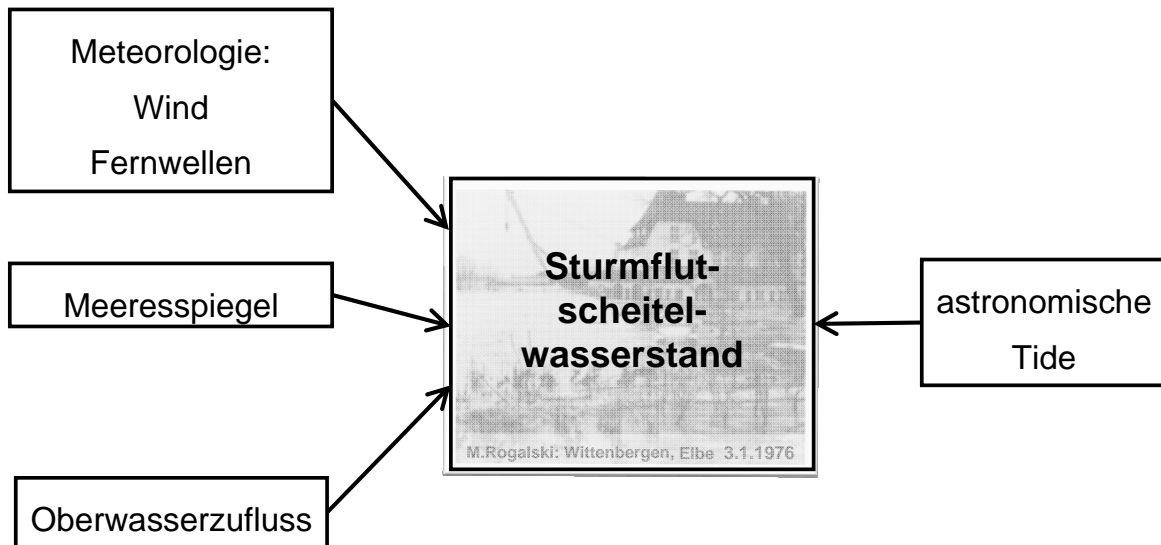


M. Rogalski: Wittenbergen, Elbe 3.1.1976

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Scheitelwasserstand

maximaler Wasserstand während einer Sturmflut



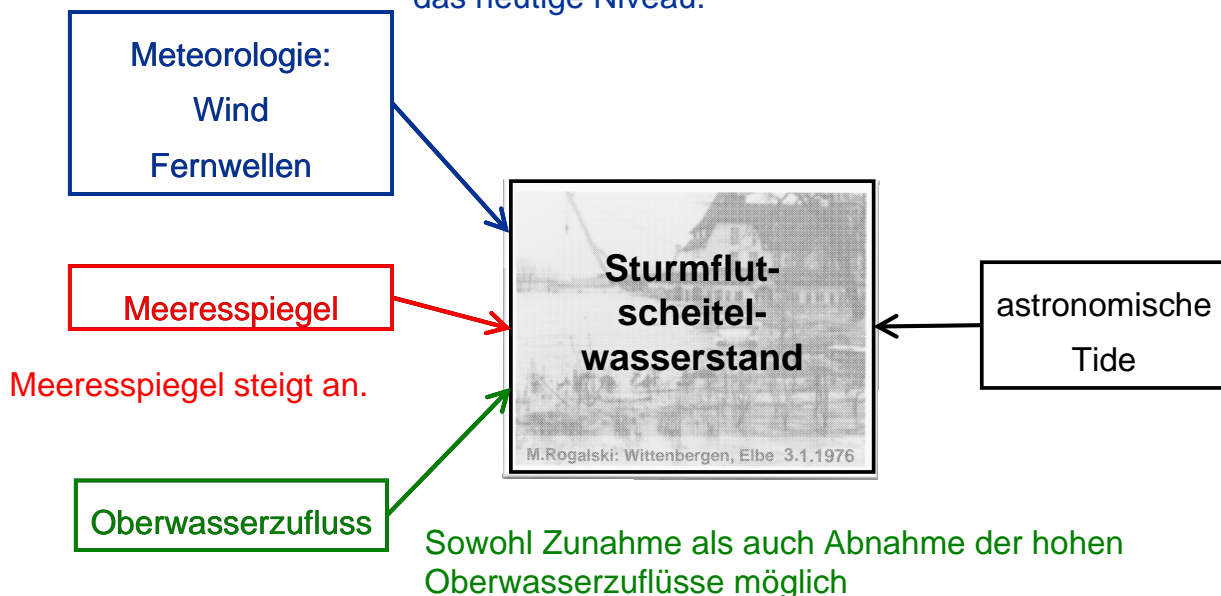
3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Scheitelwasserstand

maximaler Wasserstand während einer Sturmflut



Sturmfluten bewegen sich in Häufigkeit und Stärke um das heutige Niveau.

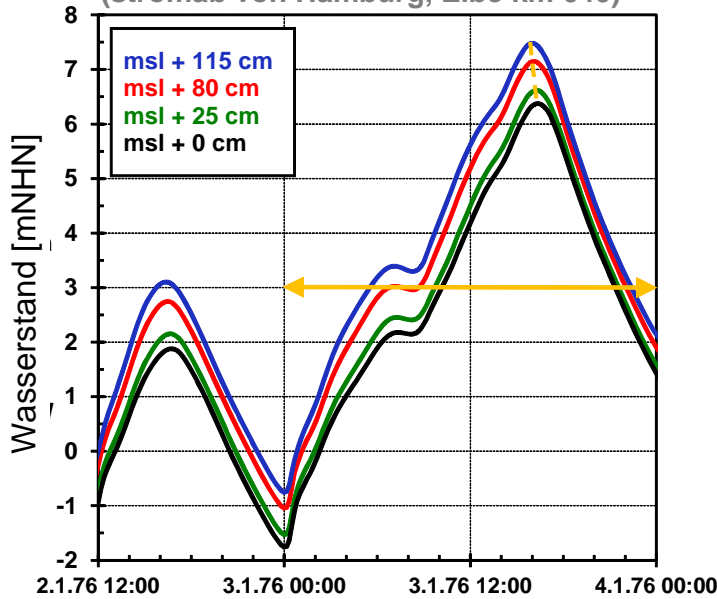


3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Meeresspiegelanstieg

Wasserstandsverlauf am Pegel Schulau

(stromab von Hamburg, Elbe km 640)



msl + 0 cm

heutiger Meeresspiegel

msl + 25 cm

beobachtet 25 cm /100 Jahre in
Deutscher Bucht

msl + 80 cm

zentraler Wert für Nordsee aus
Gönnert et al. 2009

msl + 115 cm

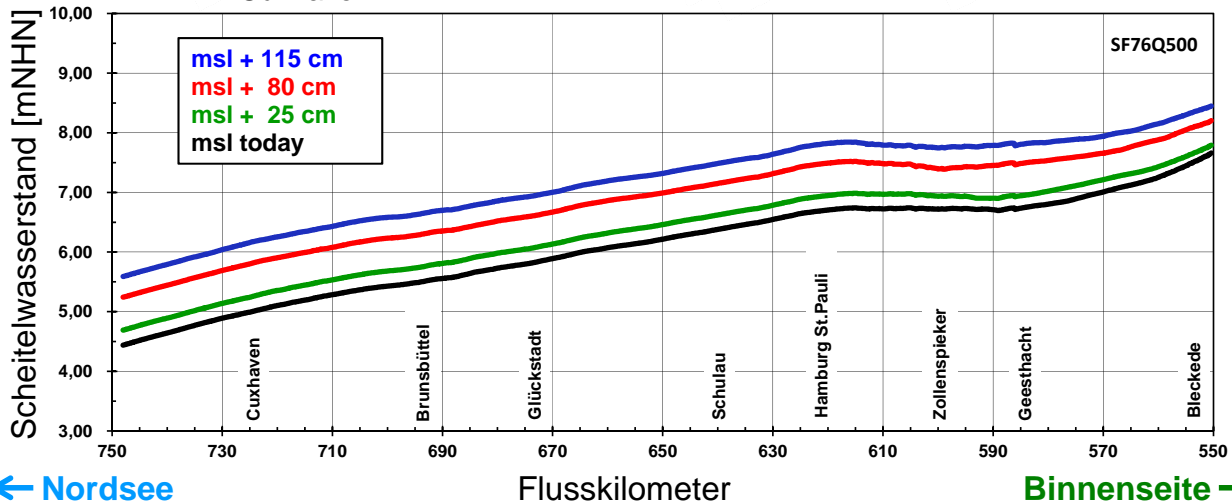
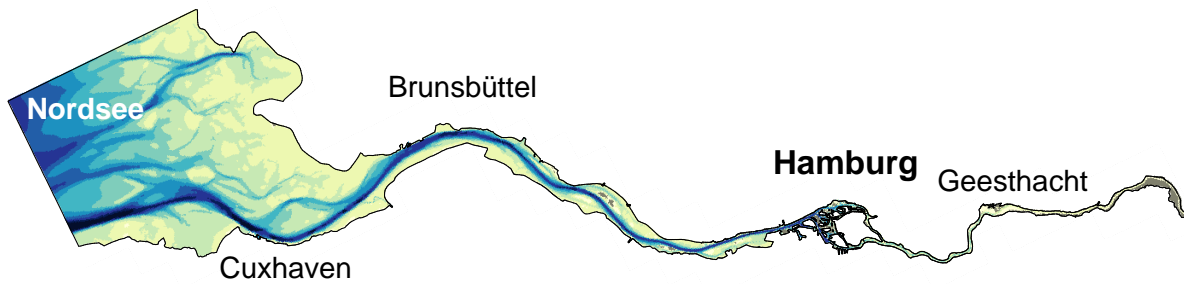
Deltacommission (NL) 2008

msl: mean sea level

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Scheitelwasserstände

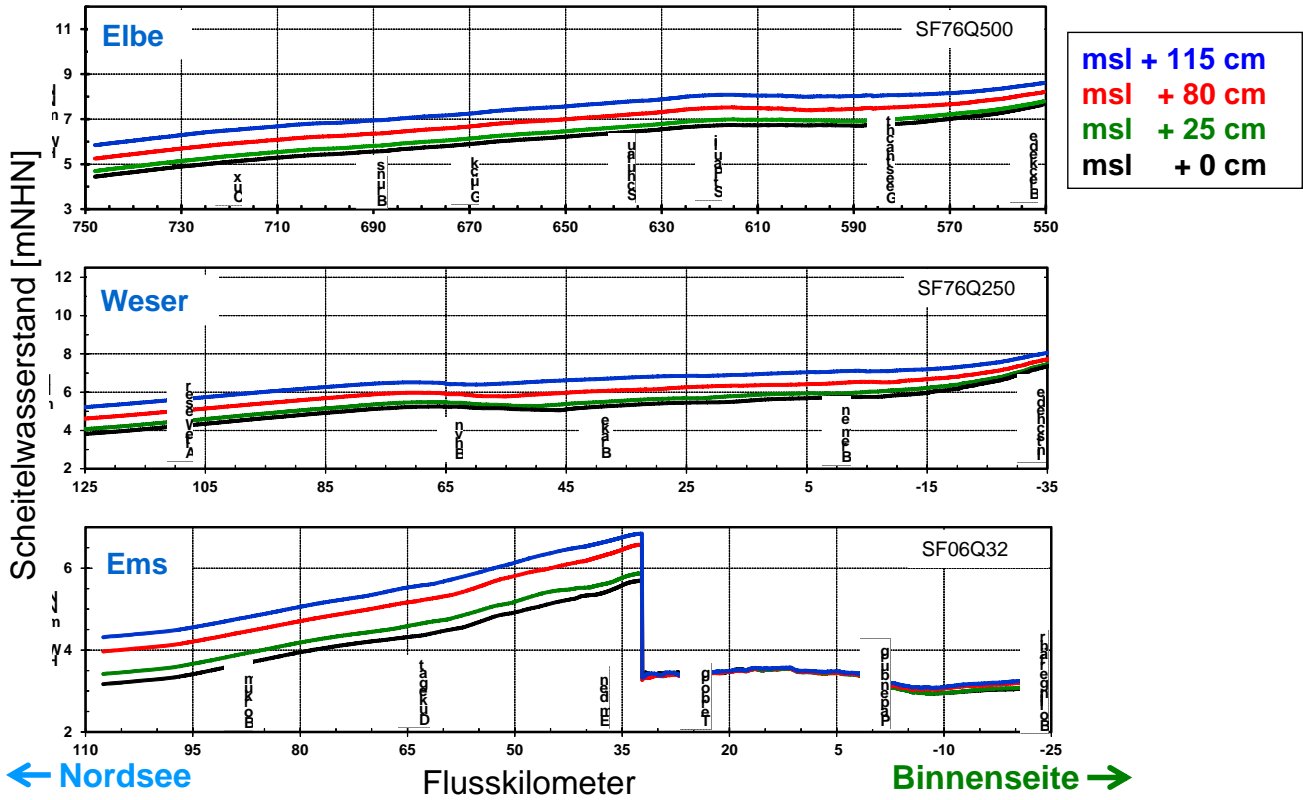
entlang des Längsprofils der Elbe



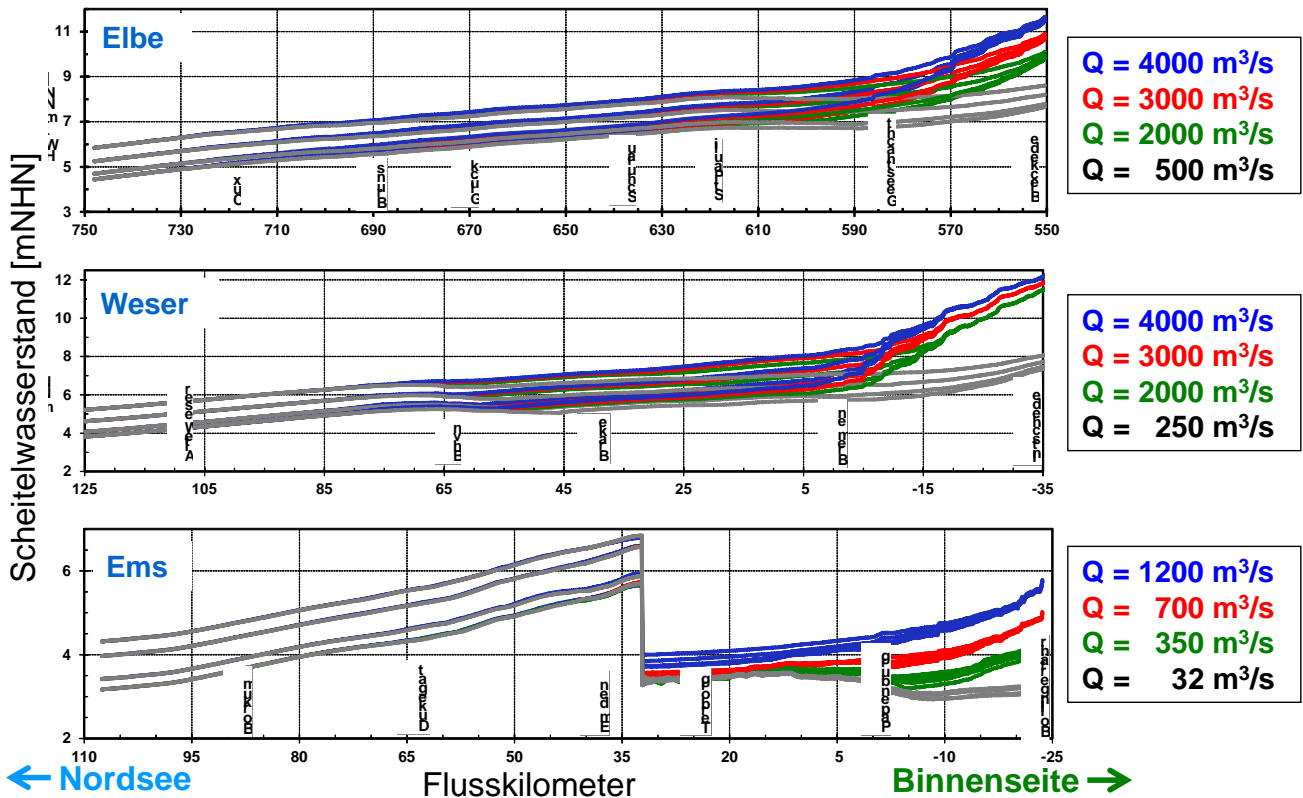
← Nordsee

Binnenseite →

Meeresspiegelanstiegs-Szenarien



Oberwasserzfluss-Szenarien

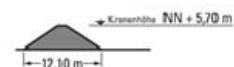


Anpassungsoptionen bei Sturmflut

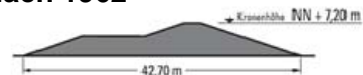
- Deicherhöhung auf vorhandener Linie
- Partielle Rückverlegung der Hauptdeichlinie, Anlage von Entlastungspoldern
- Sturmflutsperrwerk in der Mündung
- Einengung des Mündungsbereichs

7 Hamburger Deichprofile

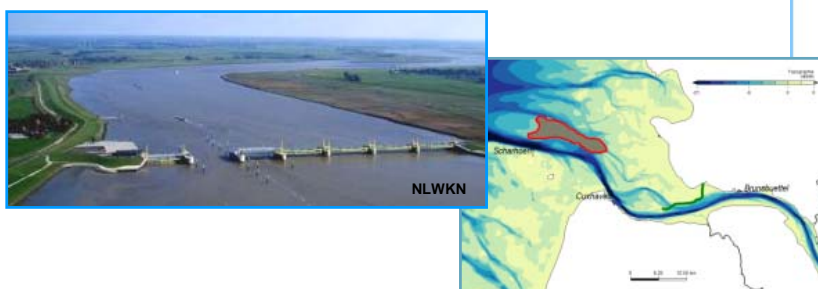
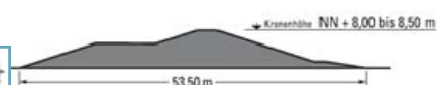
vor 1962



nach 1962

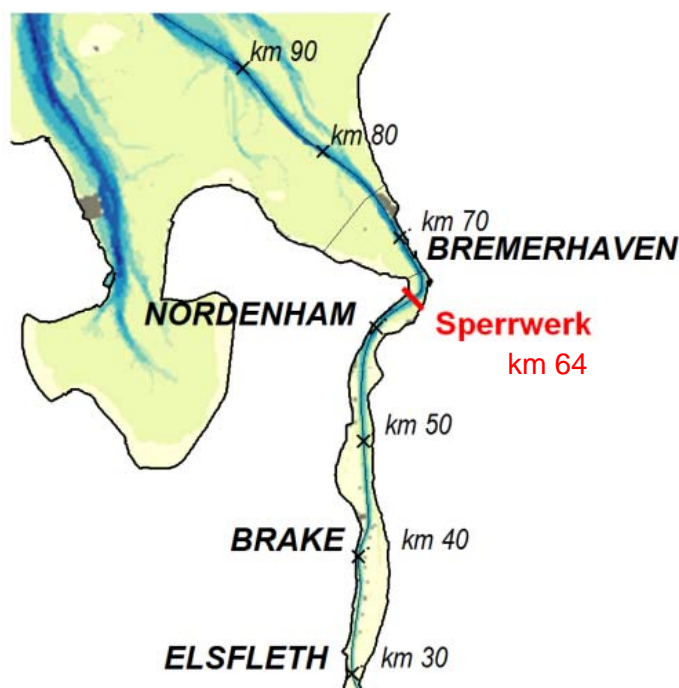


im laufenden Bauprogramm



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

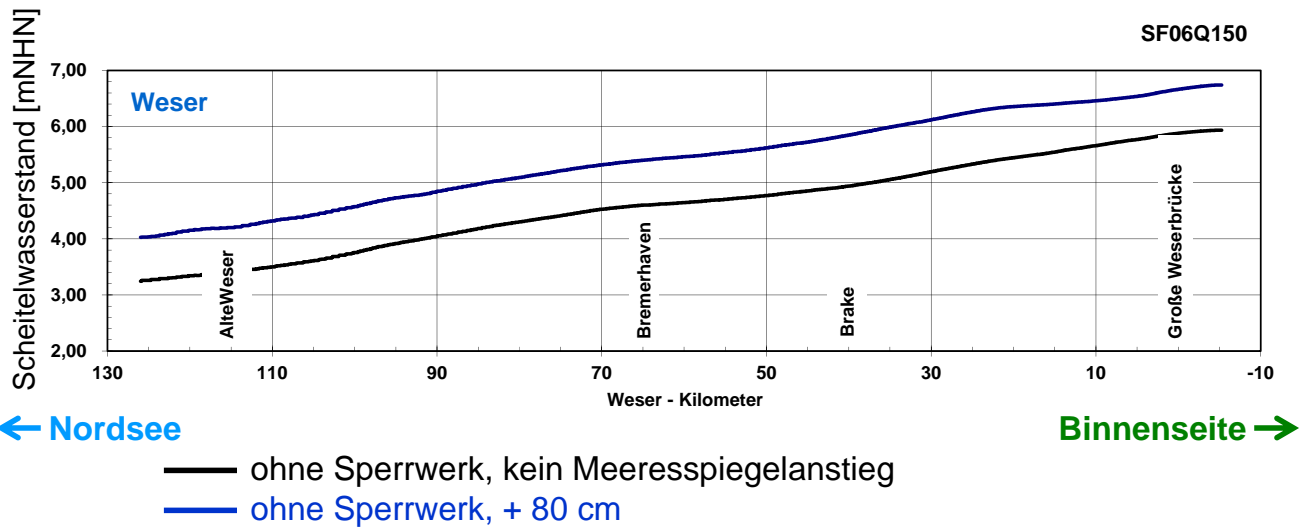
Sturmflutsperrwerk Weser



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Weser: Scheitelwasserstände

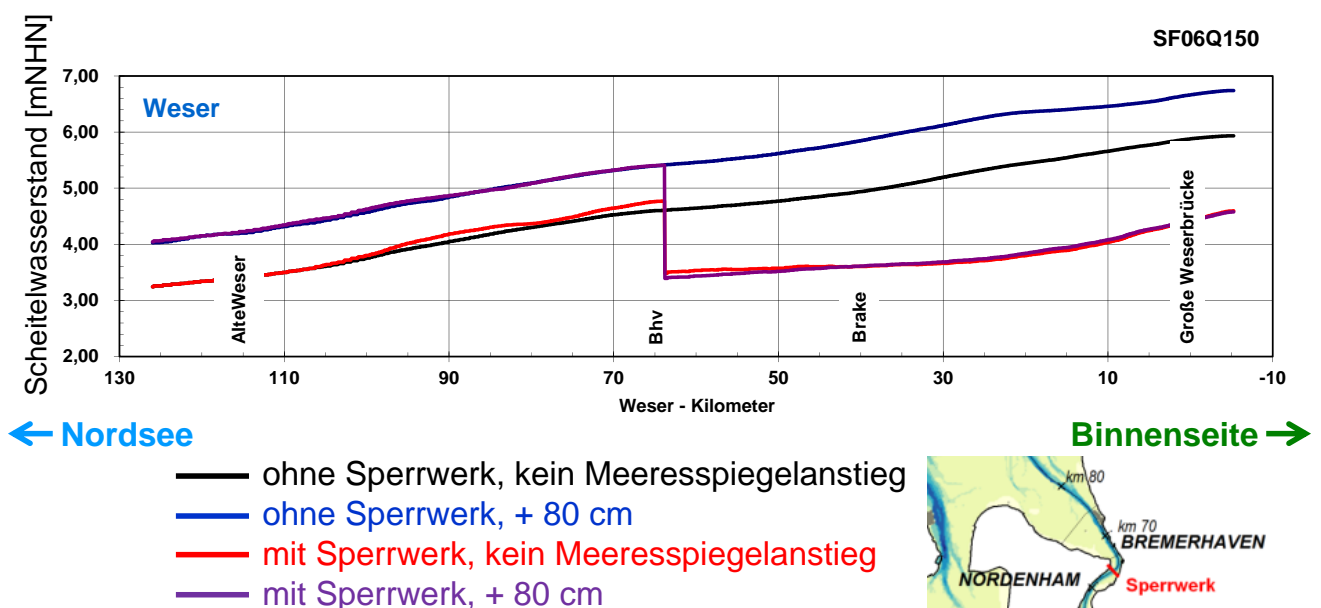
ohne Sperrwerk



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Weser: Scheitelwasserstände

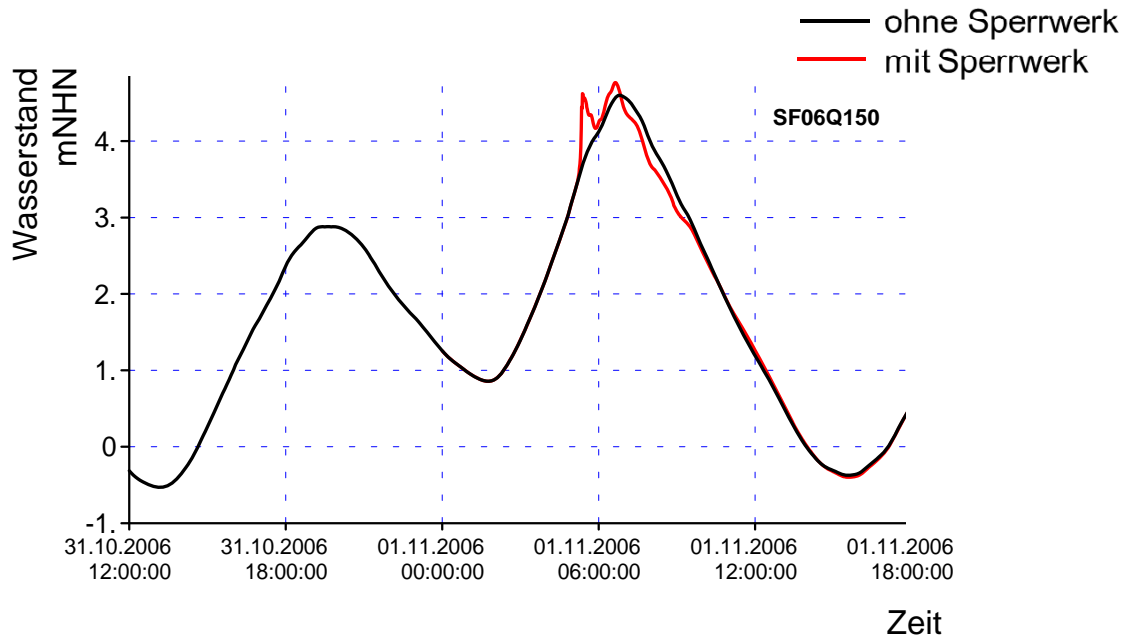
mit Sperrwerk



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013,

Entstehung einer Schwallwelle

Wasserstand stromab des Sperrwerks (seeseitig)



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Einfluss des Sperrwerks

auf die Wasserstände

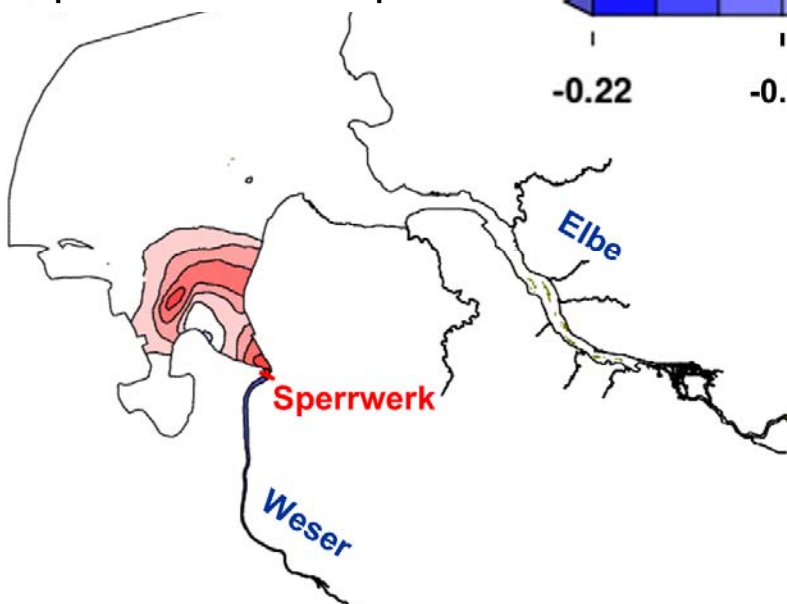
**Differenz der Wasserstände
zwischen Simulation mit und ohne
Sperrwerk an einem Zeitpunkt**

d(Wasserstand)
m



Zeitpunkt:
01.11.2006-06:35

blau: Absenkung des Wasserstands
rot: Erhöhung des Wasserstands



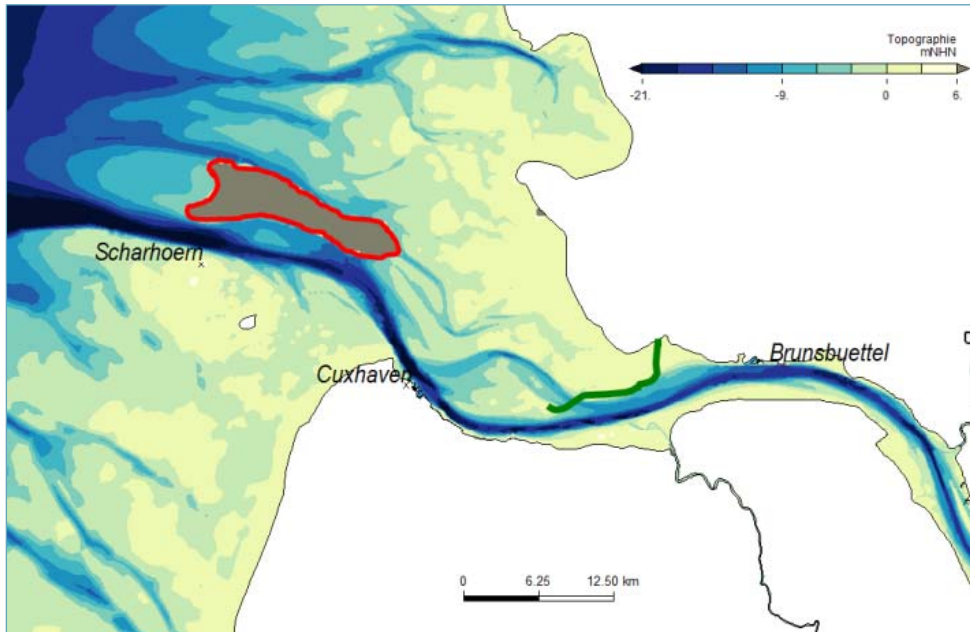
3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Einengung Elbe

Zwei Varianten

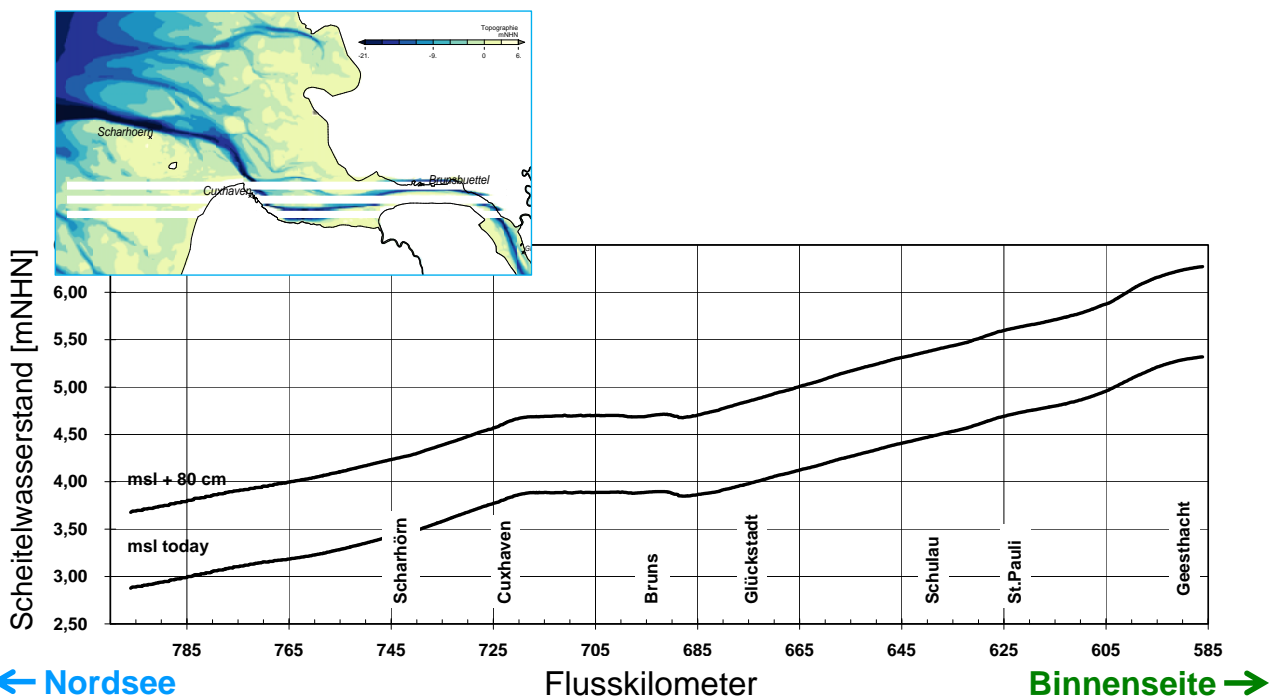
Sandinsel: Gr. Vogelsand + Gelbsand (NHN + 10 m)

Damm: Neufelder Sand bis Medemgrund (NHN + 10 m)



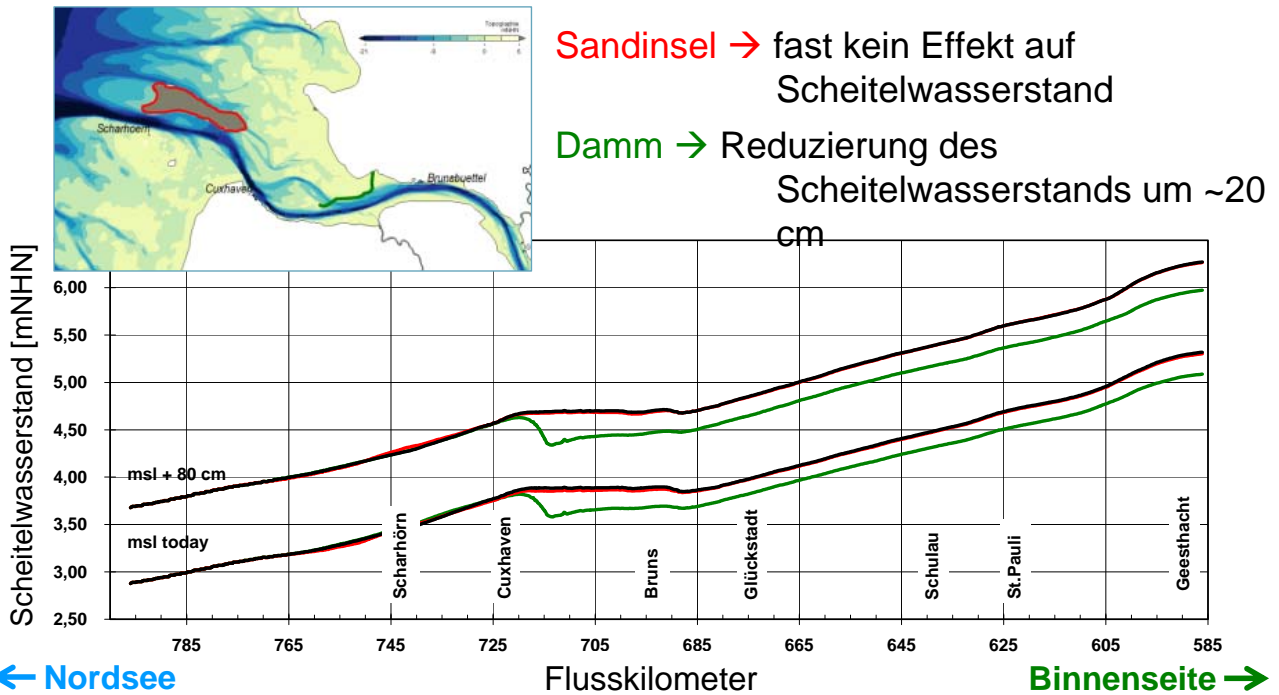
3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Anpassungsoption: Einengung Mündungsbereich der Elbe



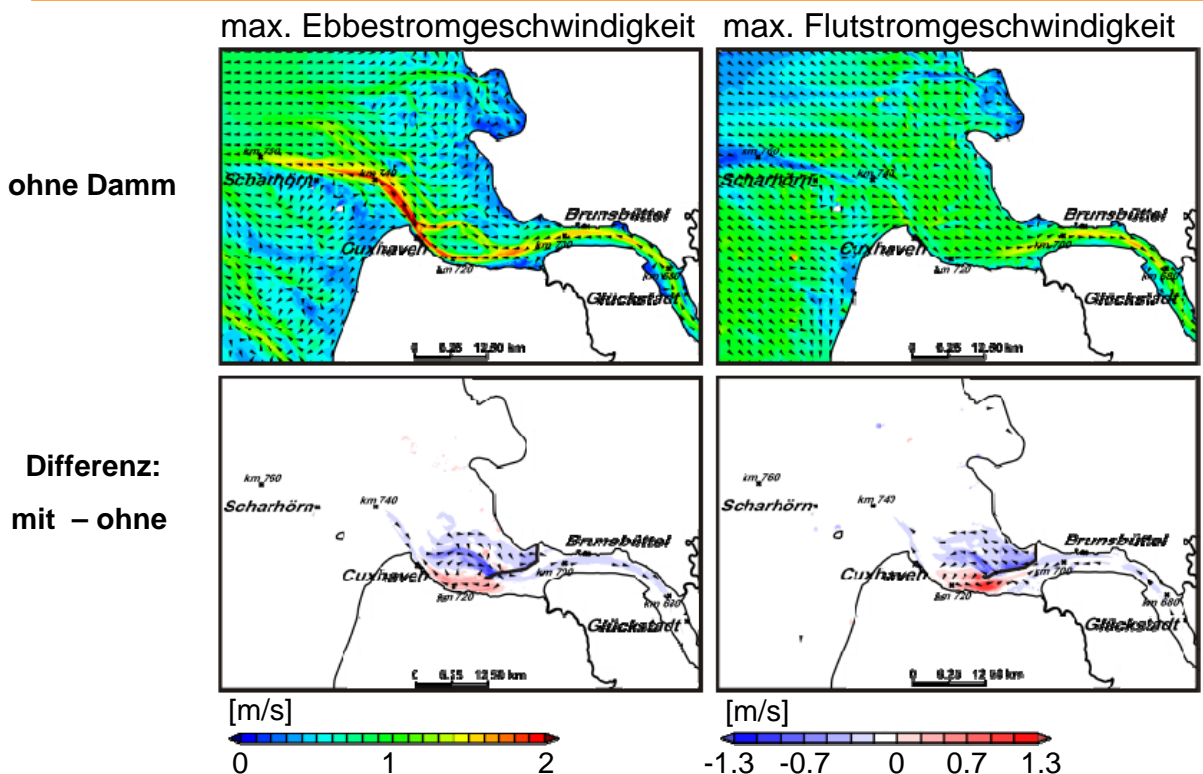
3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Anpassungsoption: Einengung Mündungsbereich der Elbe



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten Option: Damm



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Schlussfolgerungen

Positive Effekte durch den Klimawandel

- Wassertiefe

Herausforderungen, die schon heute bestehen, verstärken sich durch den Klimawandel

- Verlagerung Brackwasser- / Trübungszone
- Sedimentmanagement
- Sturmflutschutz

Anpassungsoptionen – ausgewählte Ideen

- Sediment:
 - Wattflächen erhalten
 - Sedimentationsräume schaffen → Tidebeeinflusste Marschen
- Sturmflutschutz
 - Sperrwerk, Einengung, ...

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Handlungsempfehlungen

Konkret

- kontinuierliches Monitoring
- Sedimentmanagement kontinuierlich weiterentwickeln
- Konzept für Sturmflutschutz bei extremen Meeresspiegelanstiegen
- Be- und Entwässerungsmanagement prüfen

Allgemein

- KLIWAS-Wissen in aktuelle Fragestellungen und Projekten nutzen (Datenbereitstellung für WSV, ...)
- Innovative Maßnahmen (weiter-)erforschen

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Vielen Dank an das ganze Team!

Annette Büscher
Benjamin Fricke
Fred Hesser
Ingrid Holzwarth
Ariane Paesler

Elisabeth Rudolph
Aissa Sehili
Rita Seiffert
Guntram Seiß
Norbert Winkel

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kooperation mit den Forschungsprojekten



Kontakt:

Fred Hesser
Email: fred.hesser@baw.de

Rita Seiffert
Email: rita.seiffert@baw.de

