

Vom Einzugsgebiet zur Küste – Wechselwirkungen Land-Meer-Atmosphäre-Mensch



Übergangsbereich mit Wandel
auf drei Seiten des natürlichen
Systems Meer-Land-Atmosphäre

Entwicklungsbereiche für
vielfältige, wachsende, teilweise
konkurrierende menschliche
Aktivitäten

Generelle Herausforderungen (ICSU, 2010, 2011):

- Beobachtungssysteme für das Management globalen/regionalen Wandels
- verbesserte, nützliche Vorhersagen
- Antizipieren, Kommunizieren der nötigen Adaptation
- Innovation in technologischen, politikbezogenen, sozialen Reaktionen

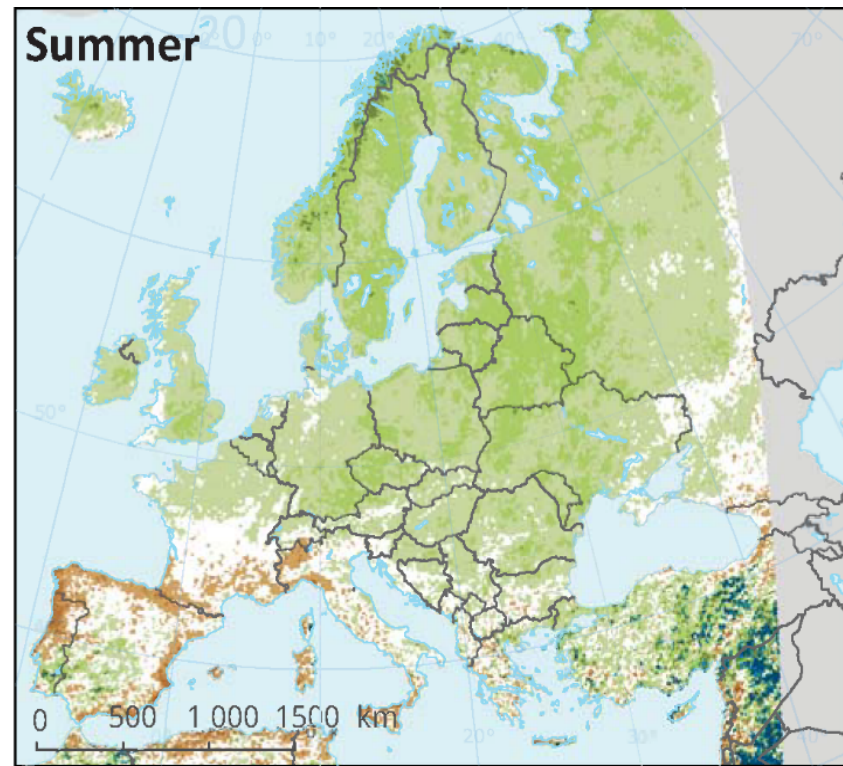
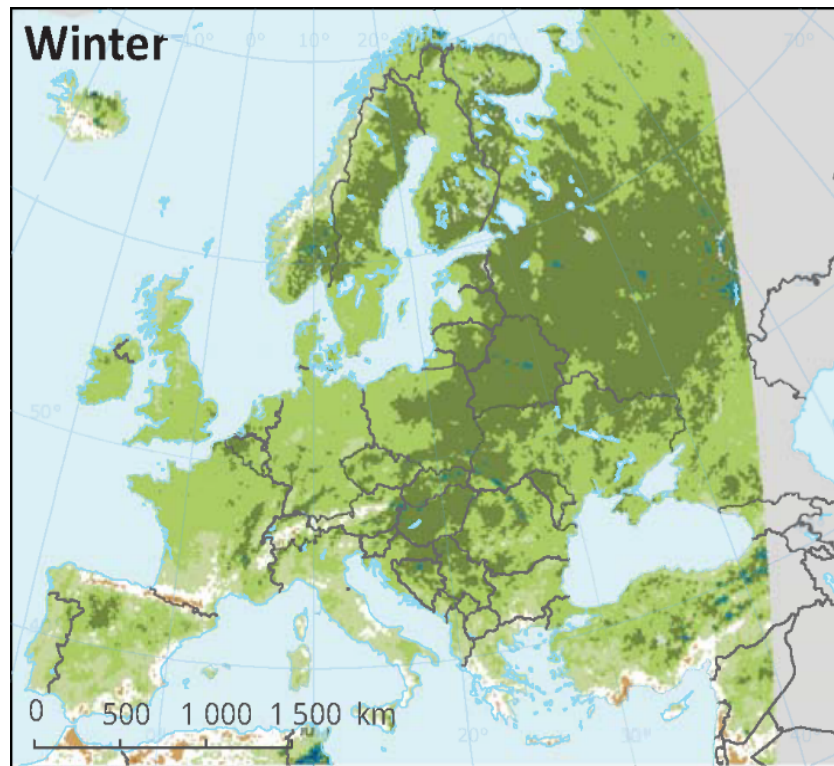
Einzugsgebiete-Ästuare-Küstenmeere als regionale sozial-ökologische Systeme

verschachtelte, system- und skalenübergreifende Systeme, die essentielle Leistungen für die Gesellschaft erbringen

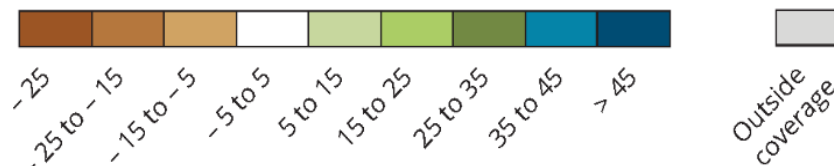


>90% der Wasserkörper in Europa (Land und Küste) sind in ihrem ökologischen Zustand bedroht (EEA 2015).

Folgen des globalen Klimawandels für Regionalklima und Hydrologie



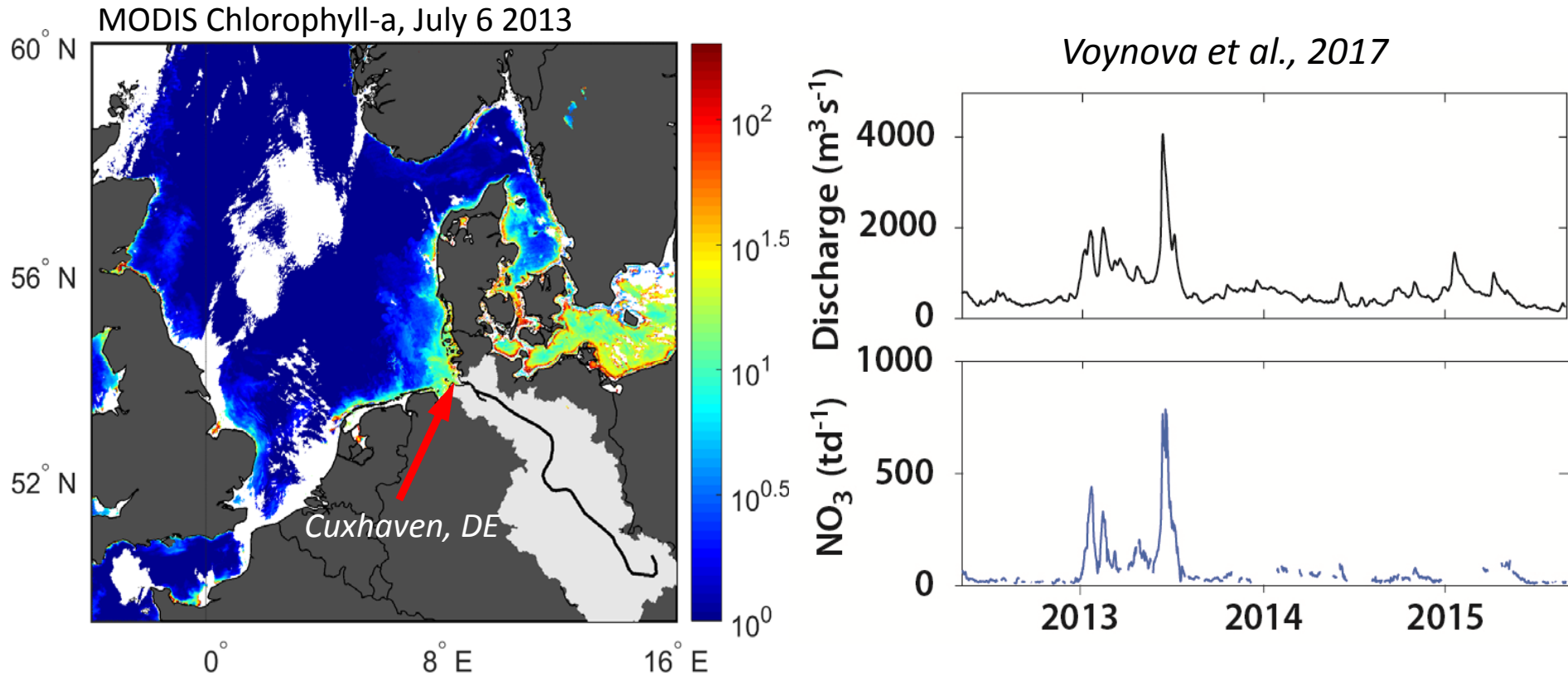
Heavy precipitation change (%)



EURO-CORDEX (Jacob et al. 2014)

Starkregen und Hochwässer werden bis 2100 signifikant zunehmen (IPCC, 2014; Hirabayashi et al. 2013; Aflieri et al. 2015)

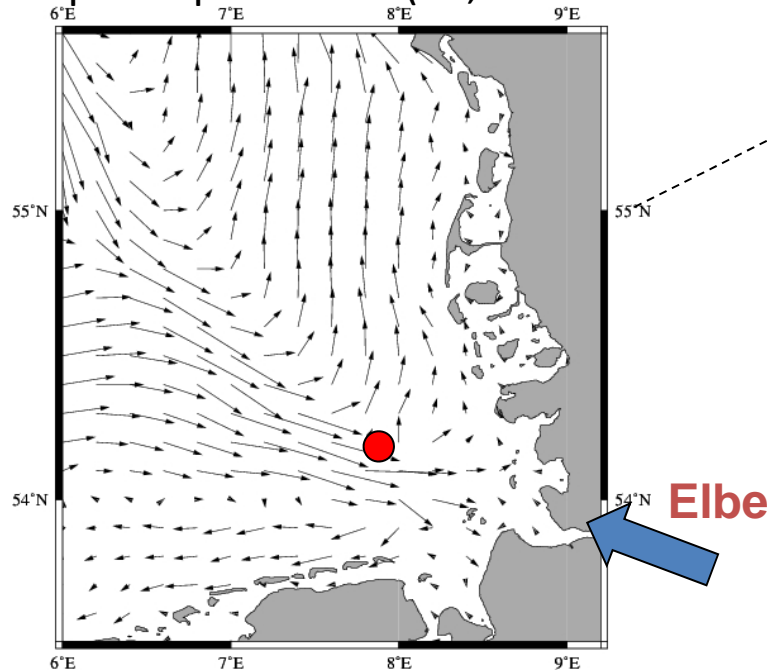
Beispiel Hydrologische Extreme – Hochwasser 2013



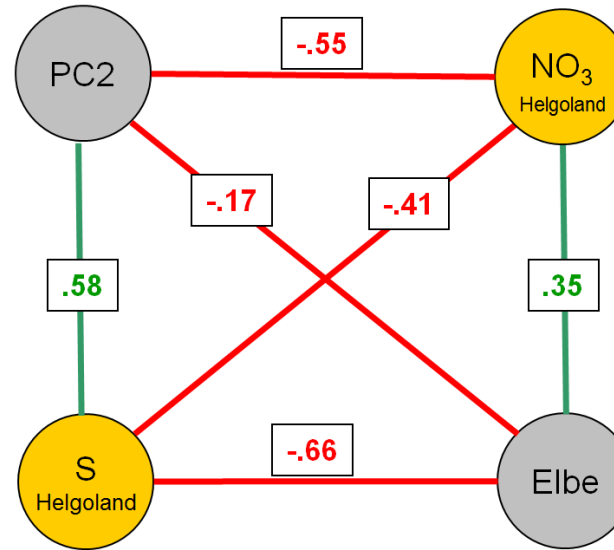
- Flussfrachten der Elbe 5-50 fach erhöht ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$, NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si)
- Schadstoffgehalte (Elemente) mit denen vom Hochwasser 2002 vergleichbar
- Beträchtlicher Teil der Jahresfracht an organischen/anorganischen Schadstoffen
- Stratifizierung des Küstenmeeres, ungewöhnliche Sommerblüte, Effekte auf O_2

War das ungewöhnlich?

„Ozeanisches“ Strömungsmuster Restströme
Hauptkomponente 2 (11,6% der Varianz)



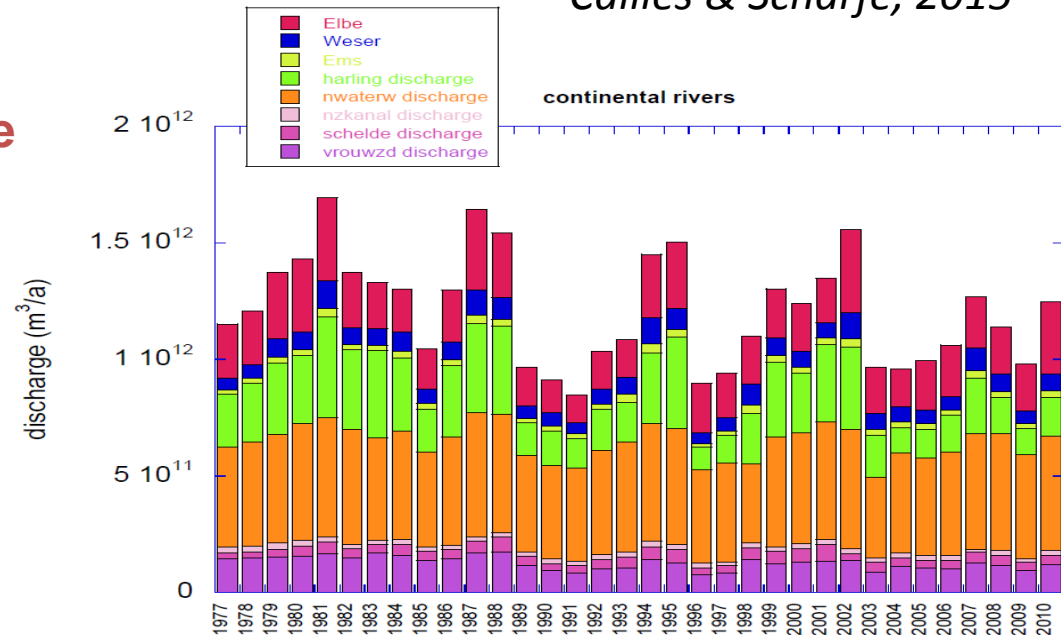
Mittelwerte Frühjahr (1962-2004)



Callies & Scharfe, 2015

Die Nordsee wird durch Erwärmung oligotropher, da weniger Nährstoffe mit Atlantik-Zwischenwasser in die Nordsee advektiert werden.

(Gröger et al., 2013; Mathis & Pohlmann, 2014)

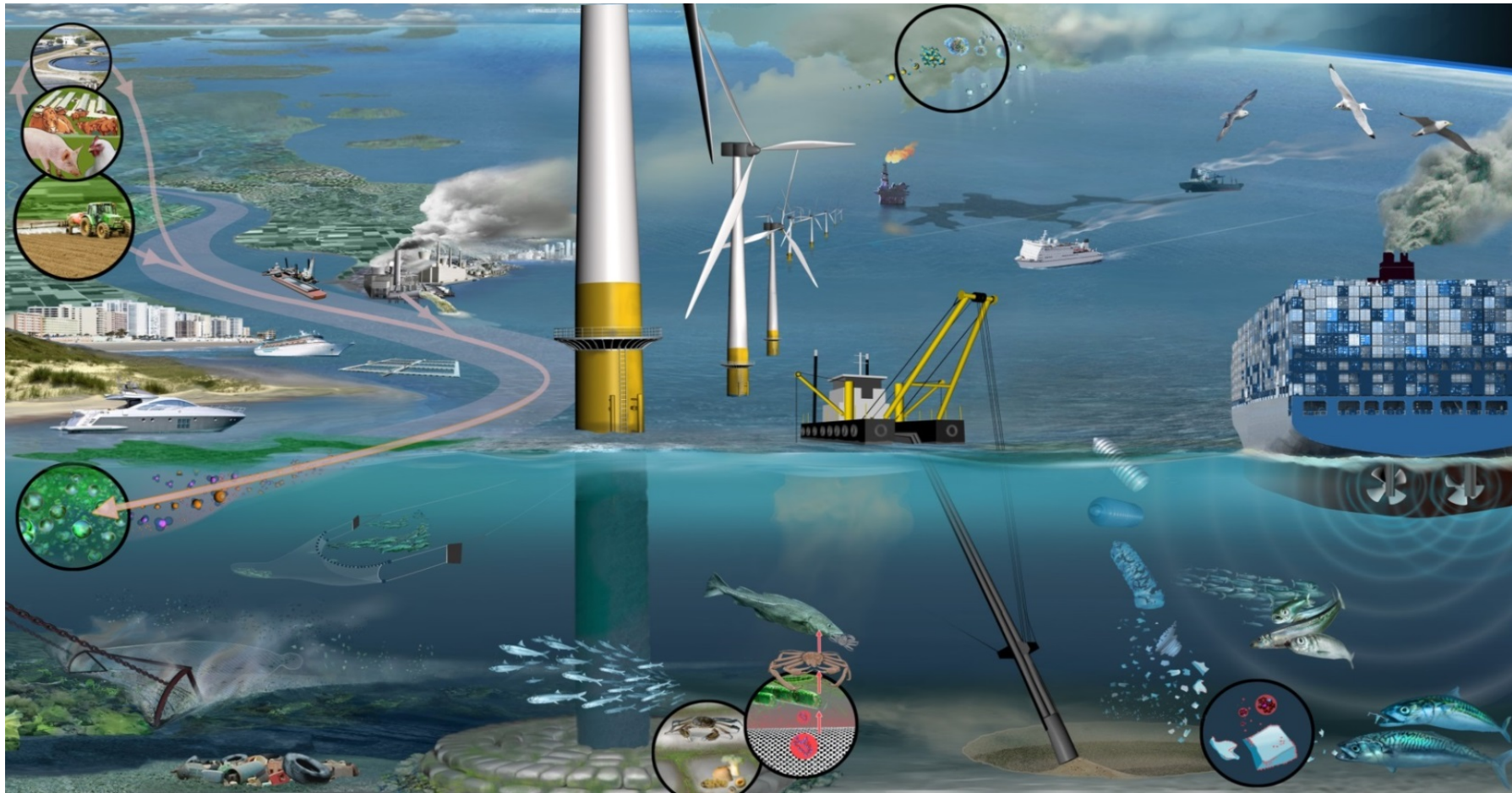


Pätsch & Lenhart, 2004 mit update

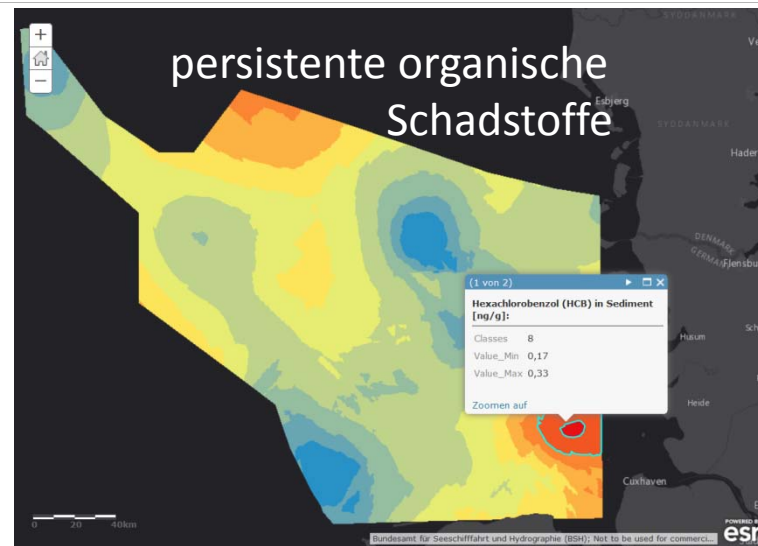
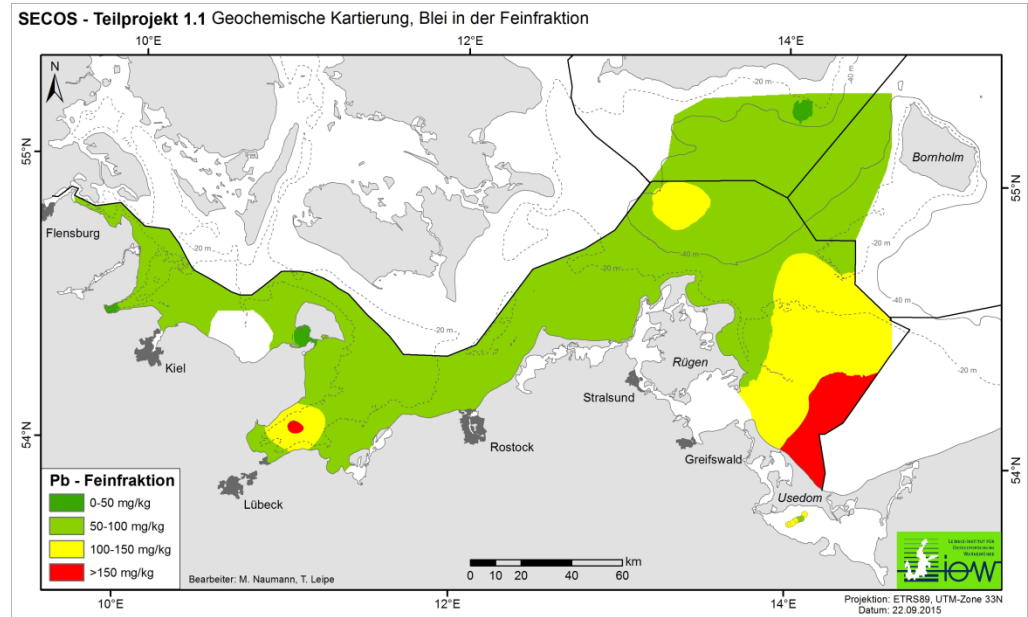
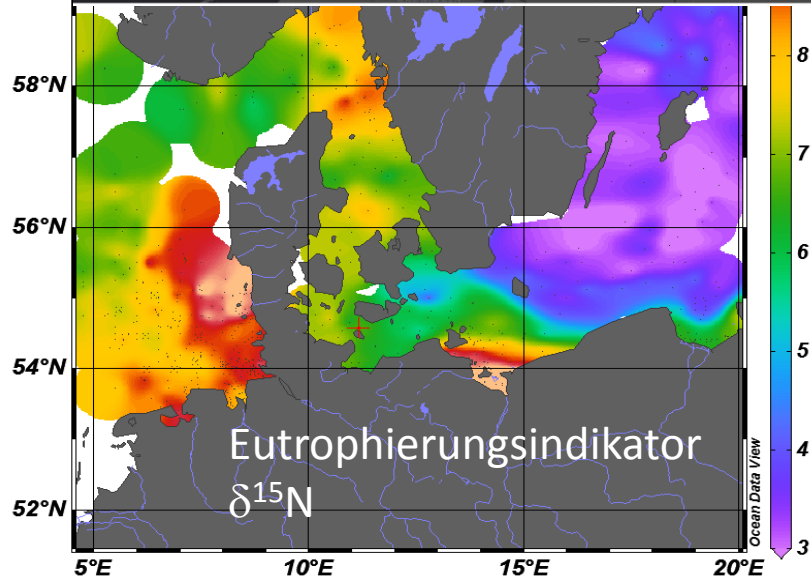
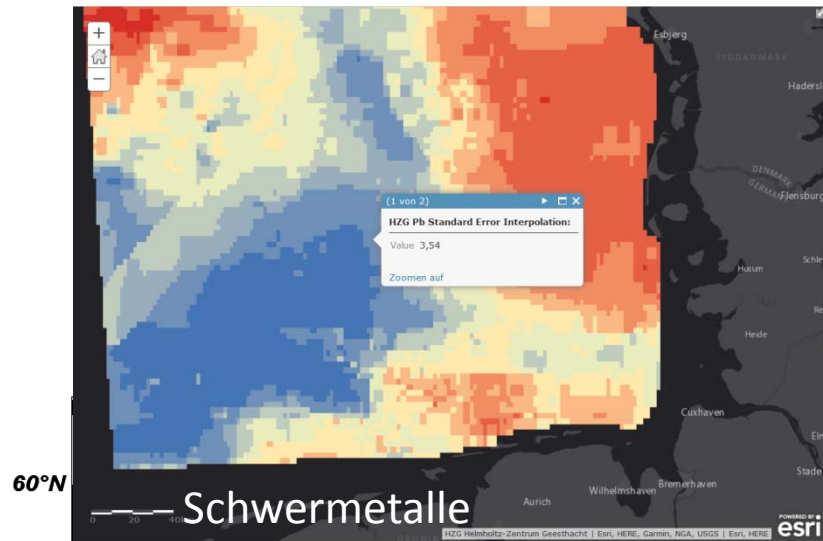
Ausgewählte Forschungsfragen

- Welches sind vergangene und zukünftige Muster der Häufigkeit und Saisonalität hydrologischer Extreme und quasi-periodischer Wetteränderungen?
 - ↔ **Thema Klima-/Küstendynamik**
- Wie spielen Änderungen der Hydrologie an Land mit Änderungen der Advektion ozeanischer Wassermassen in die Schelf- und Küstenmeere zusammen? Relevante Zeit-/Raumskalen? Hotspots (Wattenmeer)?
 - ↔ **Thema Klima-/Küstendynamik**
- Welche Konsequenzen hat das für Küstenmeer-Ökosysteme?
 - ↔ **Themen Multiple Stressoren; Biodiversität; lebende Ressourcen**

Stoffflüsse entlang des Fluss-Meer-Atmosphäre Kontinuums



KüNO-Ergebnisse

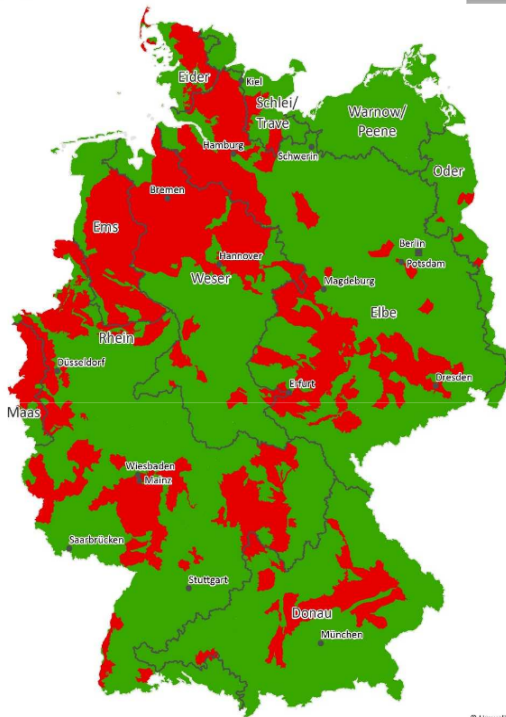


Folgen zunehmender Intensivierung und Diversifizierung des chemischen Anthropozäns

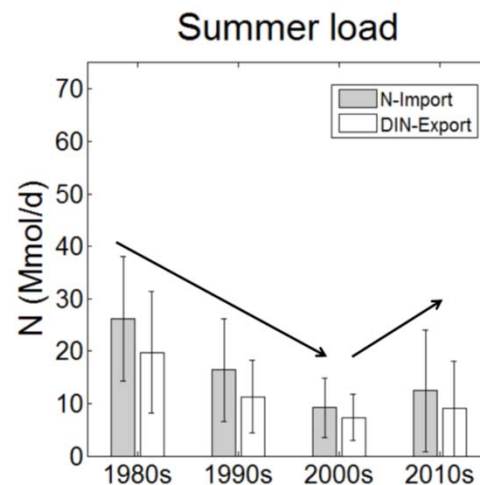
Große Teile der Aquifere Norddeutschlands sind belastet mit reaktivem N.

Grundwasserkörper in Deutschland in schlechtem Zustand bezüglich Nitrat (2016)

Umwelt Bundesamt

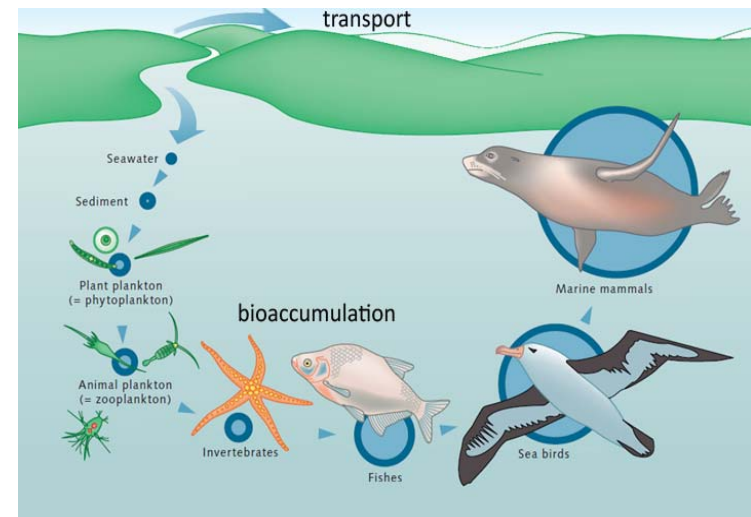


rot: >50 mg/L im Grundwasser
Minderungsbedarf Flüsse: 40%



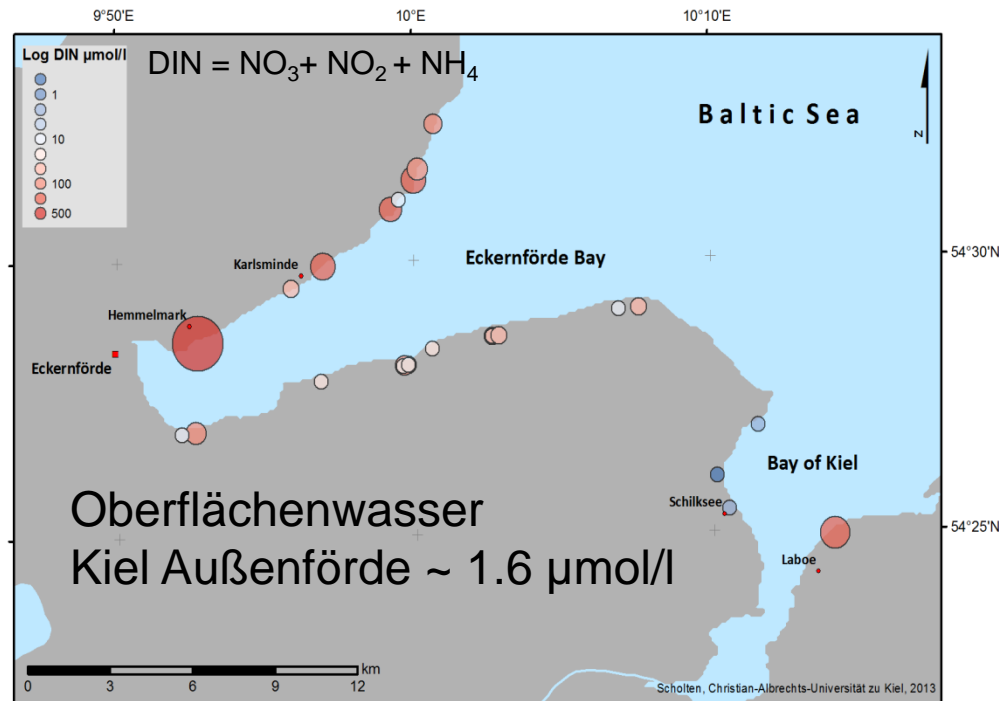
Nach Jahren der Reduzierung von N-Einträgen scheinen die Frachten der Flüsse wieder zu steigen
(Eisele et al., in prep.)

Pbt-Substanzen: **persistent**, **bioakkumulierend** und **toxisch**. Typischerweise werden sie über weite Entfernungen durch die Atmosphäre transportiert.



Etwa 1000 – 3000 neue organische Substanzen geben Anlass zu Sorge.

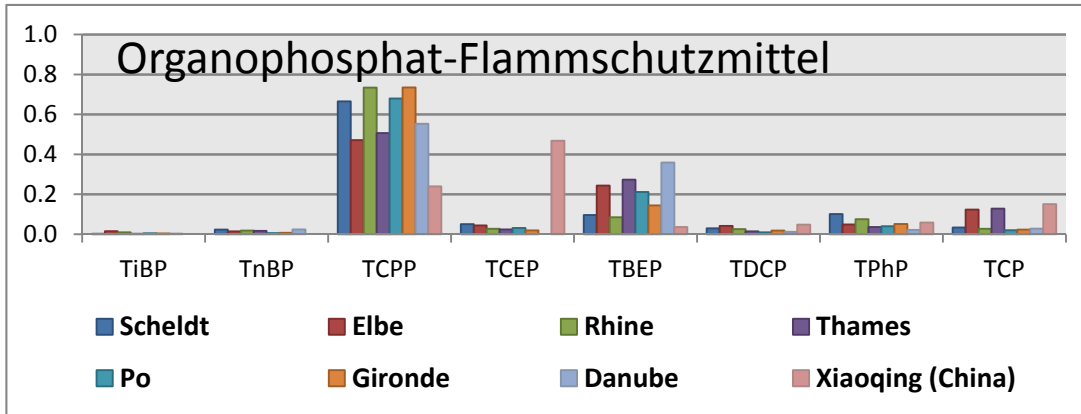
Stickstoff in submarinen Grundwässern



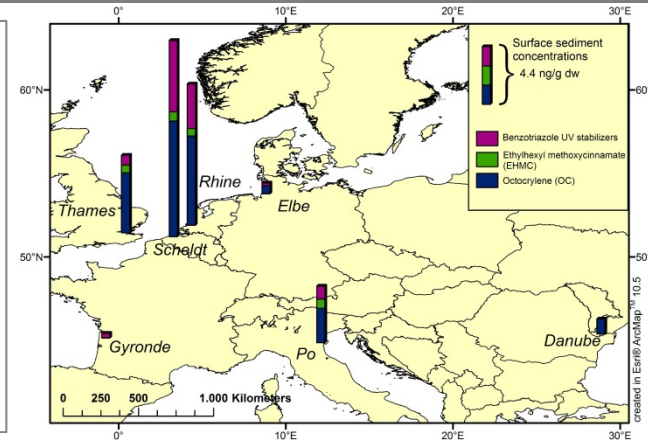
(Scholten, pers. comm. 2018)

- Meeresspiegelanstieg und Hydrologie interagieren in küstennahen Aquiferen
- submarine Grundwasseraustritte beeinflussen die Nährstoff- und Schadstoffbilanzen von Nord- und Ostsee

Schadstoffmuster einzelner Fluss-Meer-Systeme

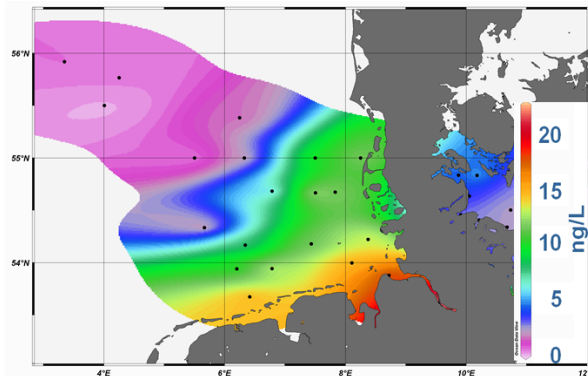


per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen

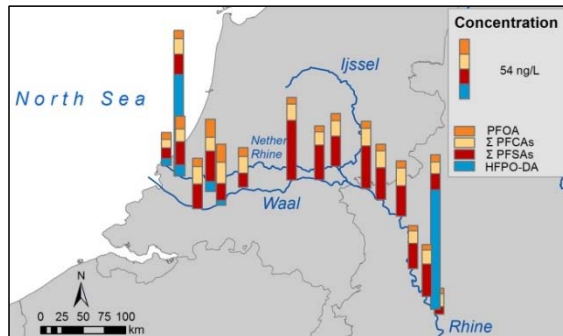


UV-Stabilisatoren

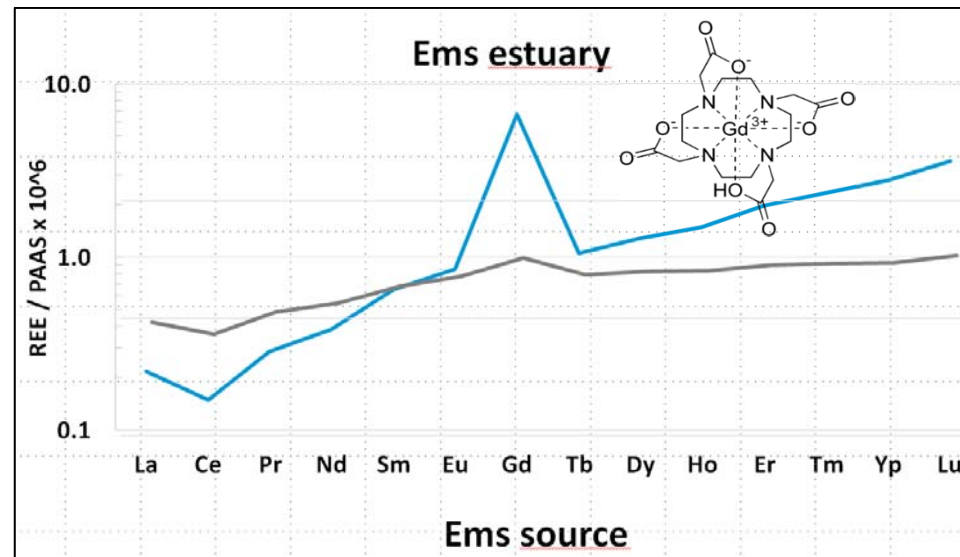
Wolschke et al., 2017
Apel et al., 2017



Heydebreck et al., 2015

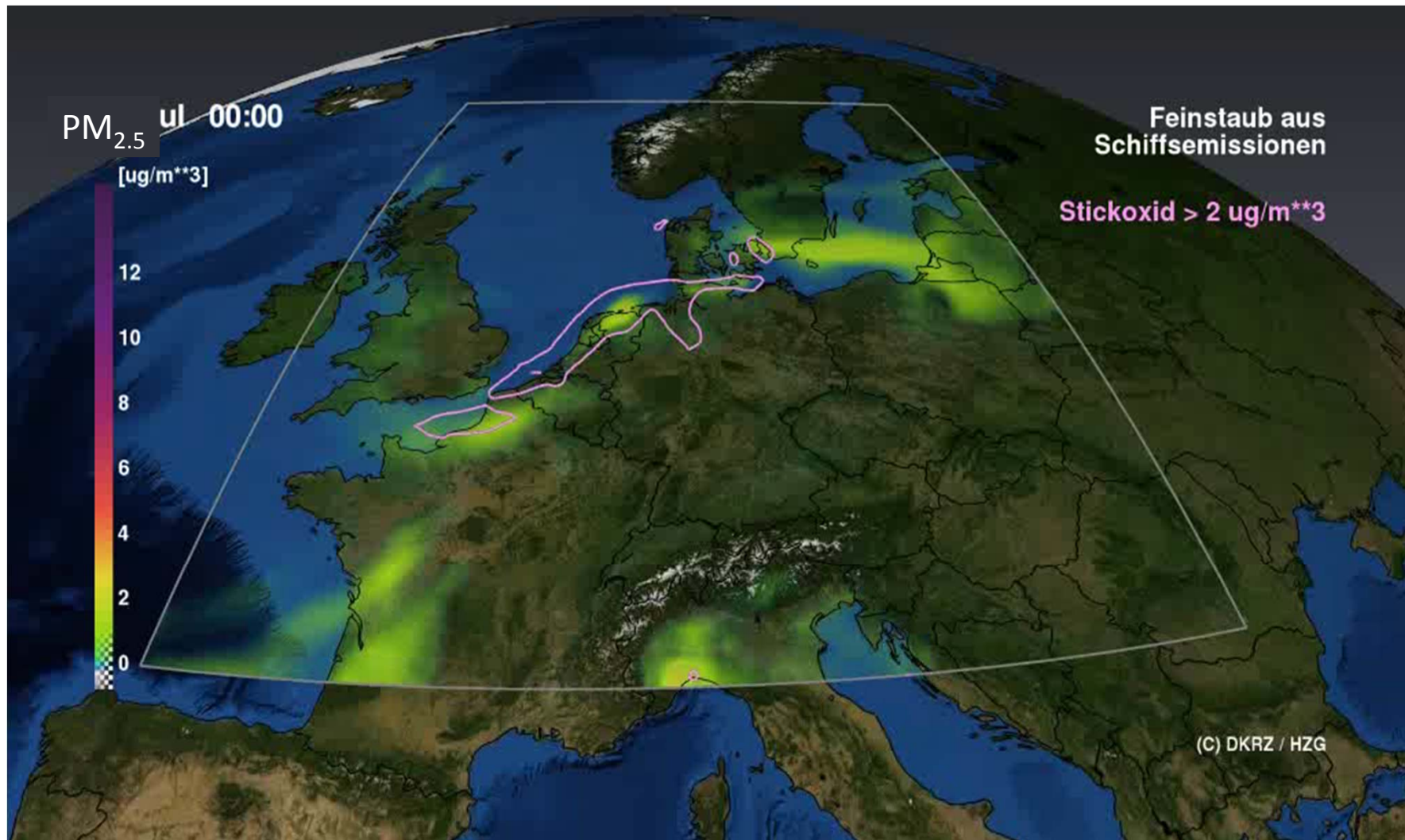


REE in MRT-Kontrastmitteln, Antibiotika



Zimmermann et al., in prep

Meer-Land-Transporte von Schadstoffen: NO₂ und PM_{2.5} aus Schifffahrt

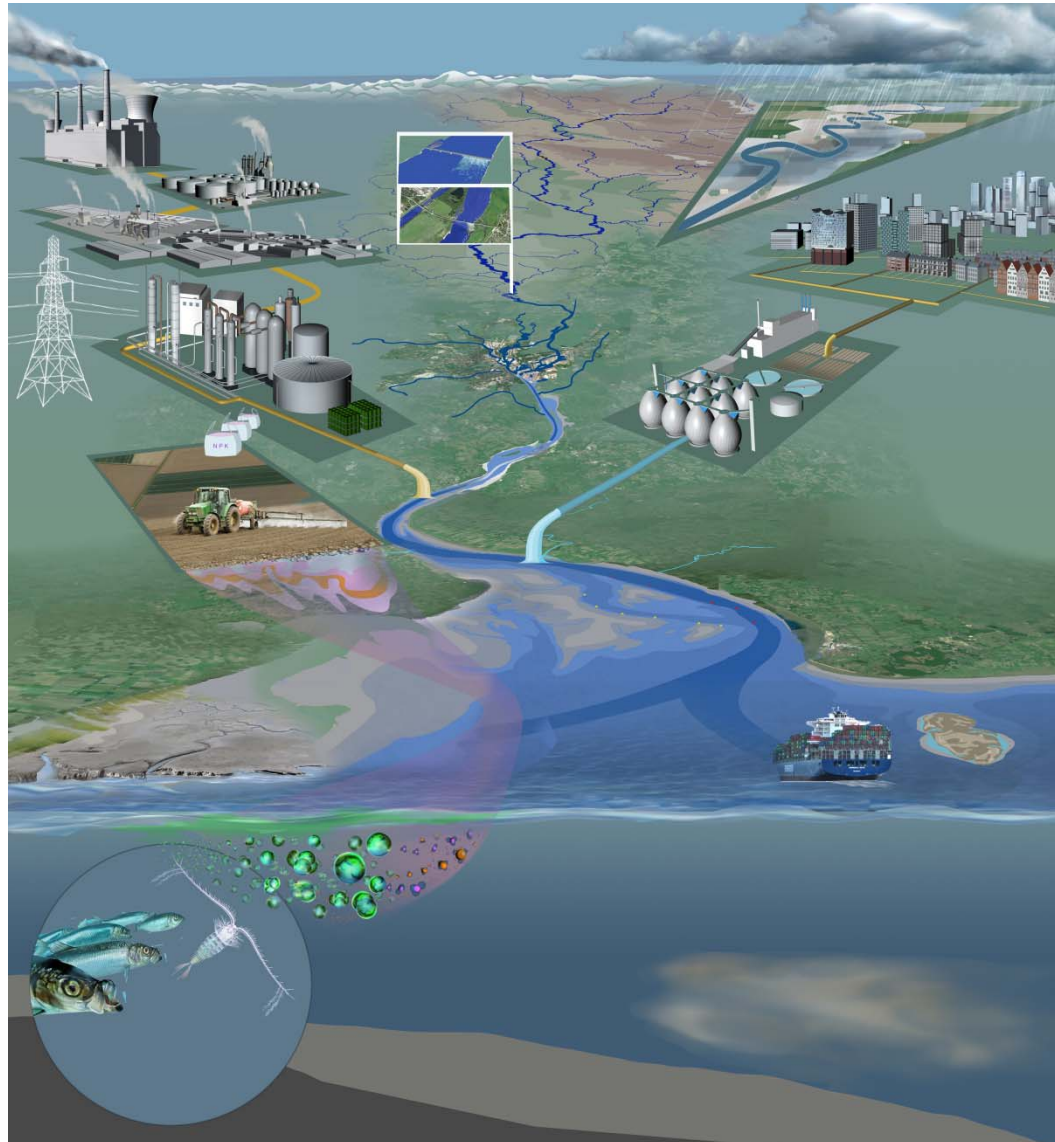


Aulinger et al., Matthias et al.

Ausgewählte Forschungsfragen

- Welches sind **Einzugsgebiet-spezifische Muster** von
 - organischen und anorganischen (Schad-)Stoffen,
 - eutrophierenden Substanzen, organischem Material
 - Plastik, Antibiotika, Resistomen
- **Verteilungswege, Abschwächung** im Küstenmeer?
- **Telekonnektionen**: Auswirkungen von Klima-, Landnutzungswandel, Gesetzgebung, wasserbaulichen Maßnahmen?
- **Wirkungen** einzeln oder in Kombination mit **anderen Stressoren** auf Organismen und Ökosysteme?
- Integrierte **Bilanzen von klimarelevanten Gasen** auf der Skala von regionalen Fluss-Meer-Systemen?

Anthropogene Regime Shifts in Ästuaren



Zustand:

Prozesse,
Ökosystemleistungen,
Belastungen, Biota

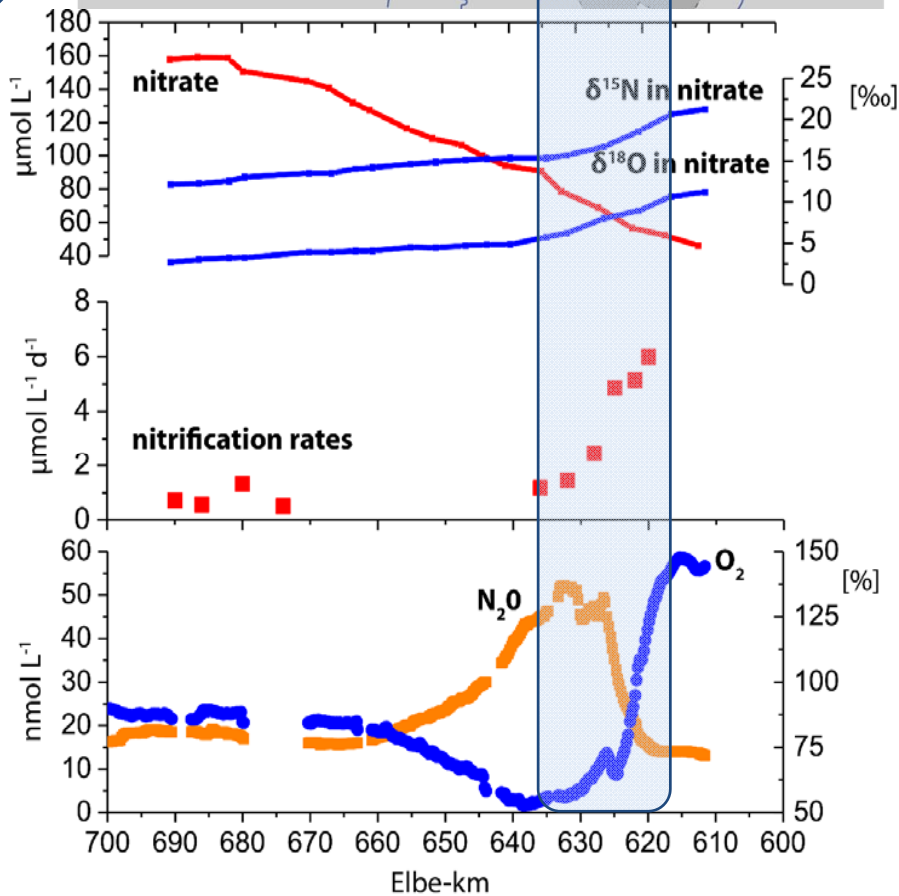
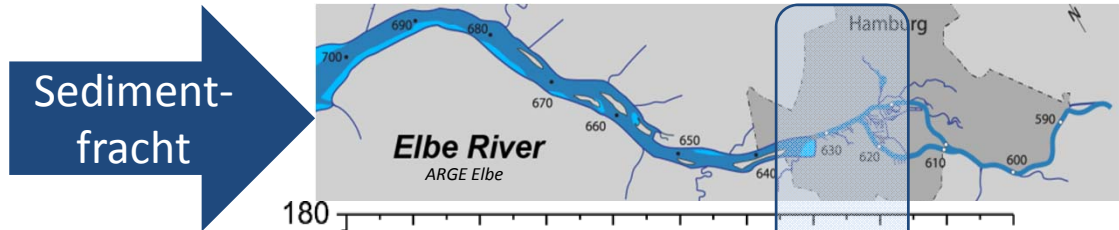
Klimawandel:

Flussganglinien,
Temperaturen,
Meeresspiegel,
Verweildauer von Wasser
im Ästuar

Veränderungen der Nutzung:

Hydro-, Sediment-,
Stoffdynamik

N-Umsätze, Sauerstoff, Treibhausgase



Verbesserung Lichtklima, erhöhte Produktivität im oberen Ästuar

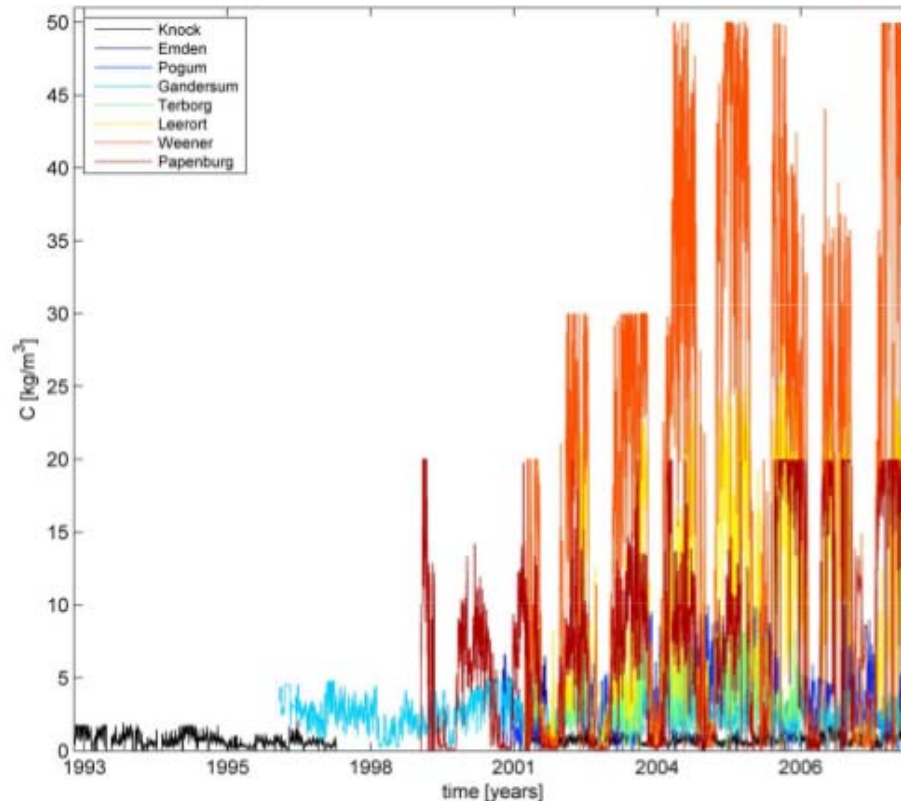
In das Ästuar gerichteter Transport von der Nordsee

Partikuläres N wird in Nitrat umgewandelt, 25% der O_2 Zehrung durch Nitrifizierung (Nitrat $\delta^{15}\text{N}$), Nitratgehalte steigen

N-Umsätze (N_2O maximum, O_2 Minimum) im Hafen

Sanders et al., 2017; Brase et al., 2017

Partikeldynamik und Sedimenttransporte im Ästuar



Spiteri et al. (2011)

„Liquid mud ist das größte Problem aller europäischen Häfen“ (HPA)

Fahrrinnenmanagement gepaart mit Wandel in Hydrologie, Morphodynamik, Meeresspiegel, Biogeochemie und Biologie verschiebt die Stoffgleichgewichte in bisher unvorhersehbarer Weise

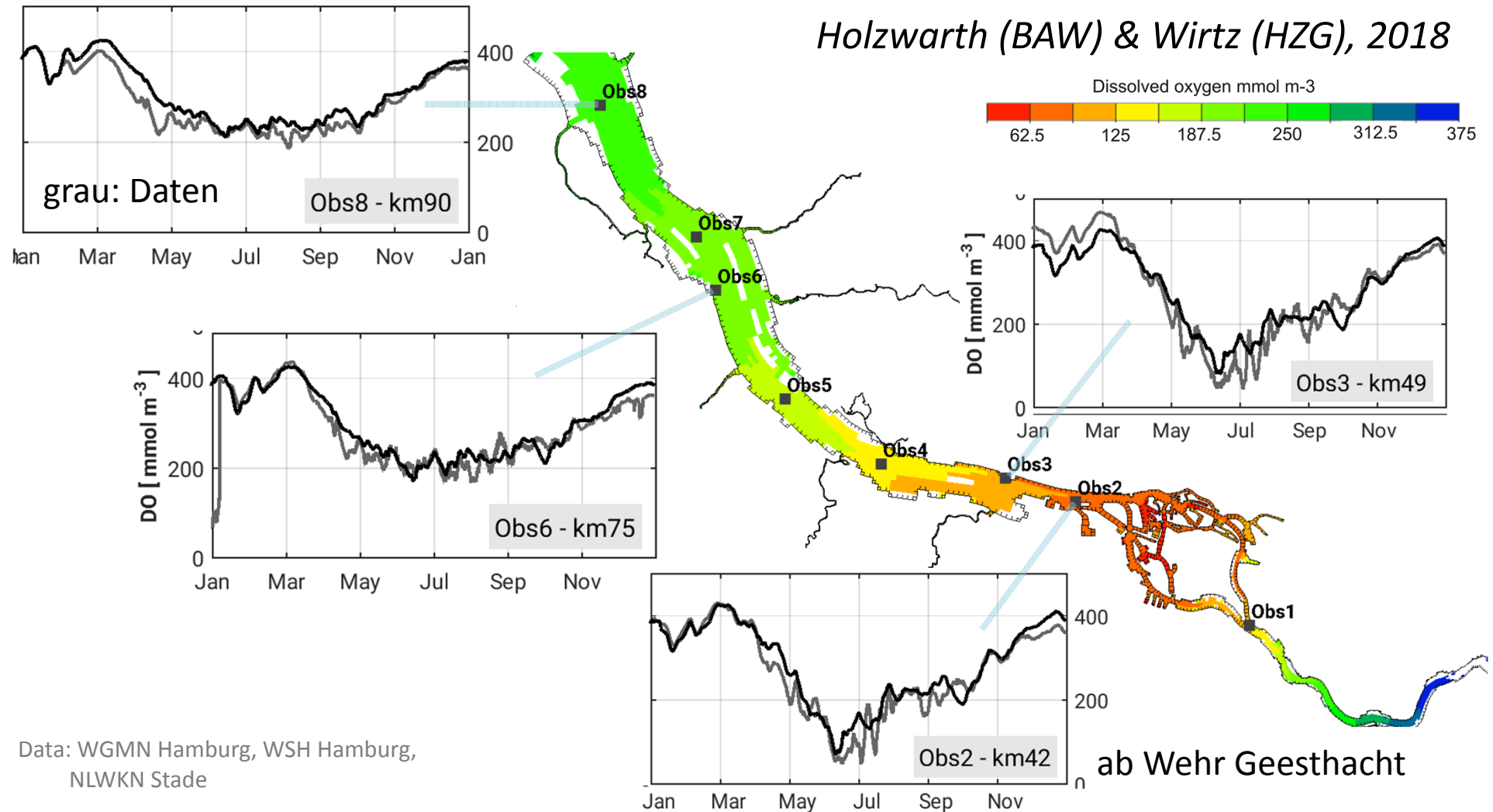
Die naturräumliche und gesellschaftliche Dynamik tidebeeinflusster wie nicht-tidaler Ästuare erfordert spezifische Beobachtungs- und Modellstrategien, Interaktion mit diversen Interessengruppen, und vor allem Ganzheitlichkeit

Erste Schritte zu einem vorhersagefähigem biogeochemischen Ästuarmodell

Sauerstoff und seine Abhängigkeit von menschlichen Eingriffen (Bathymetrie, Flussablauf, Nährstoffregulierung,...)



Holzwarth (BAW) & Wirtz (HZG), 2018



Data: WGMN Hamburg, WSH Hamburg, NLWKN Stade

Ausgewählte Forschungsfragen

Wie interagieren Hydrodynamik und Sedimentbudgets von Ästuaren?

- Import/Export von Sediment, Morphodynamik
- Rolle von gelöstem, partikulärem DOM, SPM, Produktion
- Prozesse in der Trübungszone

Wie steuern sie die Stoffumsätze in Ästuaren?

- Quantifizierung Remineralisation, Sauerstoffhaushalt, Übergang P- zu N-
Limitierung von Plankton, benthisch-pelagische Kopplung
- Partikelbildung, Interaktionen, Herkunftsanalyse
- Bilanzierung von Treibhausgasen

Welches sind isolierte und gekoppelte Effekte des Fahrrinnen-Managements auf

- Hydrodynamik,
- Stoffbilanzen, Lage und Umsätze in Hotspots
Ökosystemfunktionen und –leistungen

Welche Bedeutung haben Flussmündungen als Aufzucht- und Verbreitungsgebiet von

- Fischen, besonders schutzbedürftigen Arten und Seevögel?

Zusammenfassende Fragen, Herausforderungen

Wie ändern sich regionale Land-Meer-Atmosphäre Systeme, zum Beispiel entlang von Gradienten des regionalen Klimawandels und menschlicher Nutzung (Detektion)?

- Zustände und Bereiche der Schwankungen, Trends, die Rolle von Extremen, direkter/indirekter menschlicher Einfluss
- Untersuchungen nicht/ungenügend verstandener Prozesse

Was sind Gründe für den Wandel (Attribution)?

- Entschlüsselung von Interaktionen zwischen natürlichem Wandel und menschlichen Aktivitäten

Was sind mögliche/plausible Konsequenzen von Änderungen im Naturraum und spezifischer oder kombinierter menschlicher Interventionen (nützliche Vorhersagen)?

- Bedrohungs- und Risikoabschätzung aufgrund regionaler Szenarien (Modellierung); wie wirken Veränderung auf Menschen zurück?
- Integration, Synthese und Kommunikation

Grundlagen

- Ausbau **verteilter aber integrierter Datenstrukturen** und Analyse der Zusammenhänge zwischen Wetter-/Klimaänderungen und historischen menschlichen Eingriffen, kritischer Zonen
- Ausbau von **Beobachtungsinfrastruktur** auf adäquaten Zeit- und Raumskalen mit Fokus auf Hotspots
- Entwicklung **szenarienfähiger gekoppelter regionaler Erdsystemmodelle**
 - Hydrodynamik, Sedimenttransport, Küstenmeer
 - Biogeochemie, Biologie, Schadstoffe, Gase
 - Parametrisierung menschlicher Einflusskomplexe und Ressourcennutzung
- **Szenarienerstellung** gemeinsam mit wesentlichen sektoralen Beteiligten und Interessengruppen
 - Modellgestützte Analyse der Interaktionen sektoraler Entwicklungsszenarien auf Regionalskala
- Aufbau eines **Ökosystemleistungs-Modell- und Bewertungssystems** für Küstenlandschaften und Schutzgebiete als enges Kooperationsvorhaben zwischen Wissenschaft und Praxis

Beteiligte

Berit Brockmeyer (BSH)

Hans Burchard (IOW)

Jana Friedrich (HZG)

Gunnar Gerdts (AWI)

Tim Jennerjahn (ZMT)

Andreas Schöl (BfG)

Jan Scholten (Uni Kiel)

Kai Wirtz (HZG)

Gesine Witt (HCU)