



Sea Level Map

Verständliche Visualisierung des Meeresspiegelanstiegs

Martin Knura

Caroline Schuldt, Güren Tan Dinga, Philipp Loose, Jochen Schiewe

g2lab Lab for Geoinformatics and Geovisualization

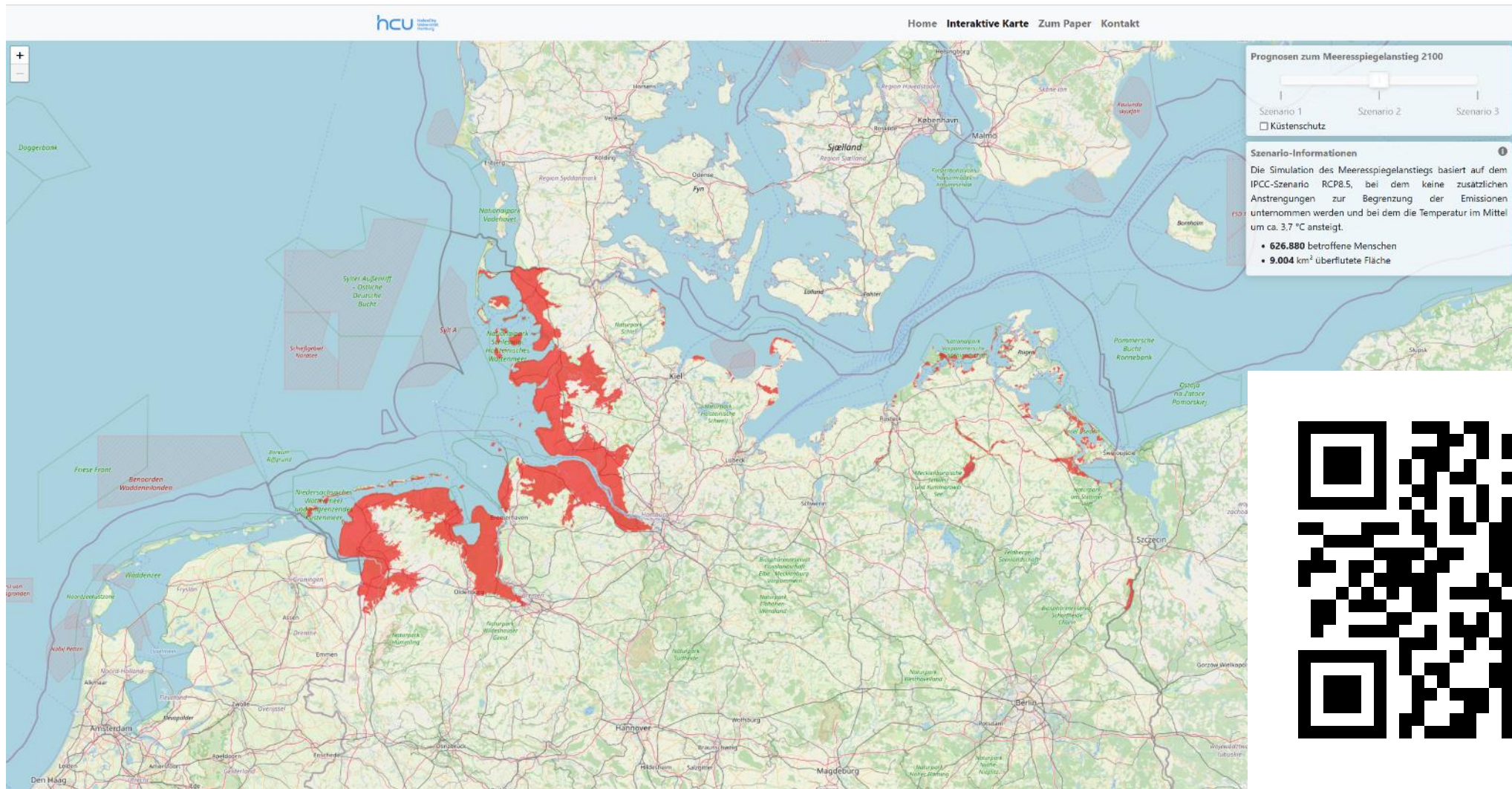


hcu Hafencity
Universität
Hamburg | g2lab



Sea Level Map

<https://sealevelrise.hcu-hamburg.de/>



Gliederung

1. Leitfragen
2. Einflussfaktoren auf die Simulation des Meeresspiegelanstiegs
3. Durchgeführte Simulationen
4. Modellierung der Unsicherheiten
5. Visualisierung als Medienkarten (Ergebnisse)
6. Visualisierung als interaktive Web-Karte
7. Fazit

1. Leitfragen

- Wie kann der Meeresspiegelanstieg in Norddeutschland auf regionaler Ebene für das Jahr 2100 simuliert werden?

- Wie kann der simulierte Meeresspiegelanstieg als interaktive Web-Karte visualisiert werden?

2. Einflussfaktoren auf die Simulationen des Meeresspiegelanstiegs 2100

- **Digitales Höhenmodell**

- TanDEM-X

- **Aktueller Meeresspiegel**

- MHW, MNW, MW

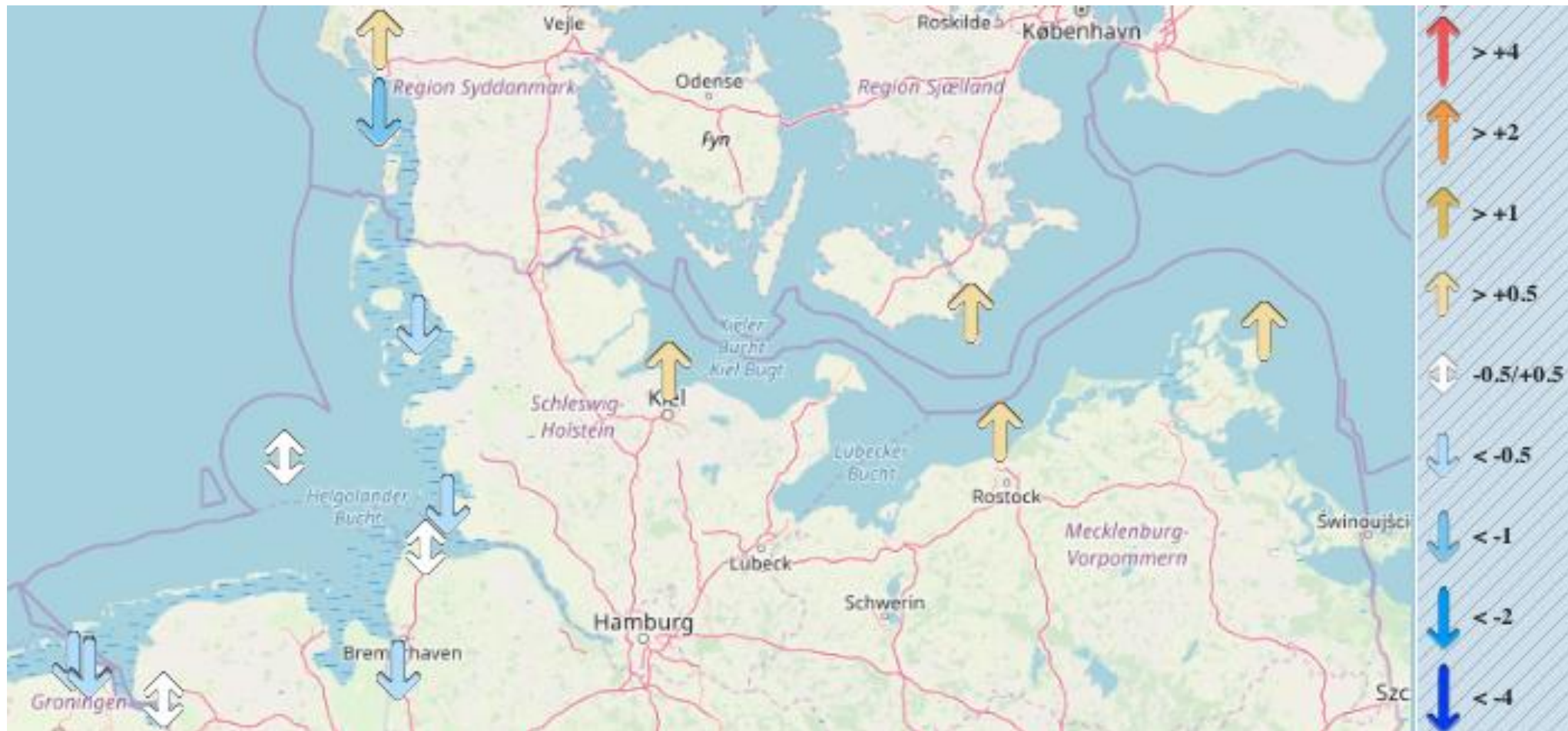
- **Prognosen zur Meeresoberfläche**

- [IPCC 2019](#): RCP4.5 und RCP8.5
- Anderweitig: Anstieg um 1,4 m

- **Vertikale Landbewegung**

- Ostsee
- Nordsee

2. Einflussfaktoren auf die Simulationen des Meeresspiegelanstiegs



Quelle: [SANTAMARÍA-GÓMEZ et al. 2017.](#)

3. Durchgeführte Simulationen

Interpolation der Messpunkte des
aktuellen Meeresspiegels

3. Durchgeführte Simulationen

Interpolation der Messpunkte des
aktuellen Meeresspiegels

Interpolation der Prognosen zur
vertikalen Landbewegung

3. Durchgeführte Simulationen

Interpolation der Messpunkte des
aktuellen Meeresspiegels

Interpolation der Prognosen zur
vertikalen Landbewegung

Bereinigung des DEM

3. Durchgeführte Simulationen

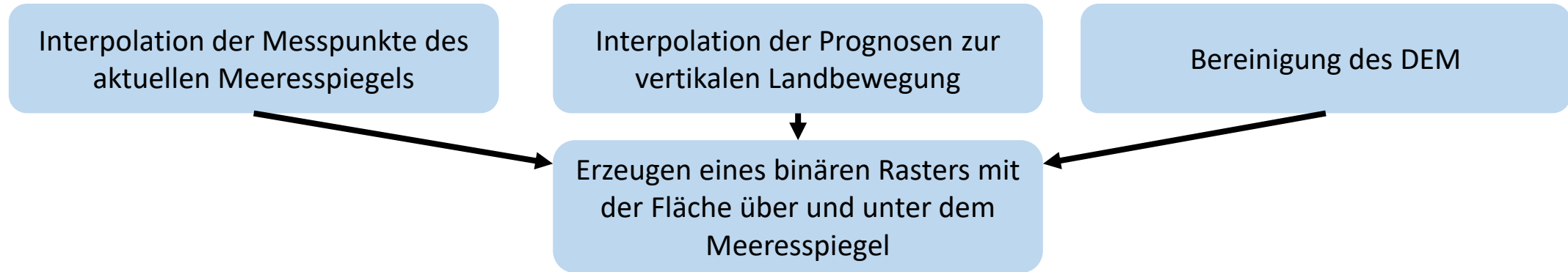
Interpolation der Messpunkte des
aktuellen Meeresspiegels

Interpolation der Prognosen zur
vertikalen Landbewegung

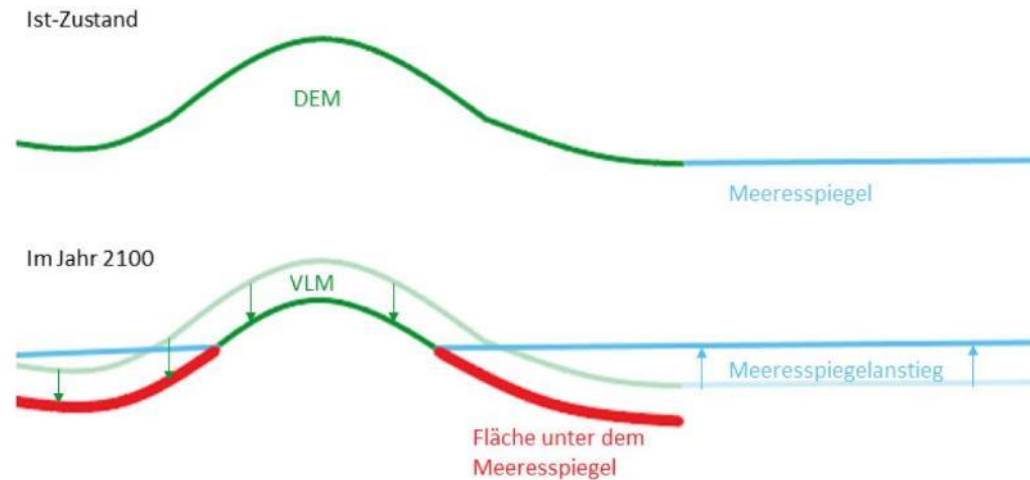
Bereinigung des DEM

- Fehler
- Deiche und Sperrwerke

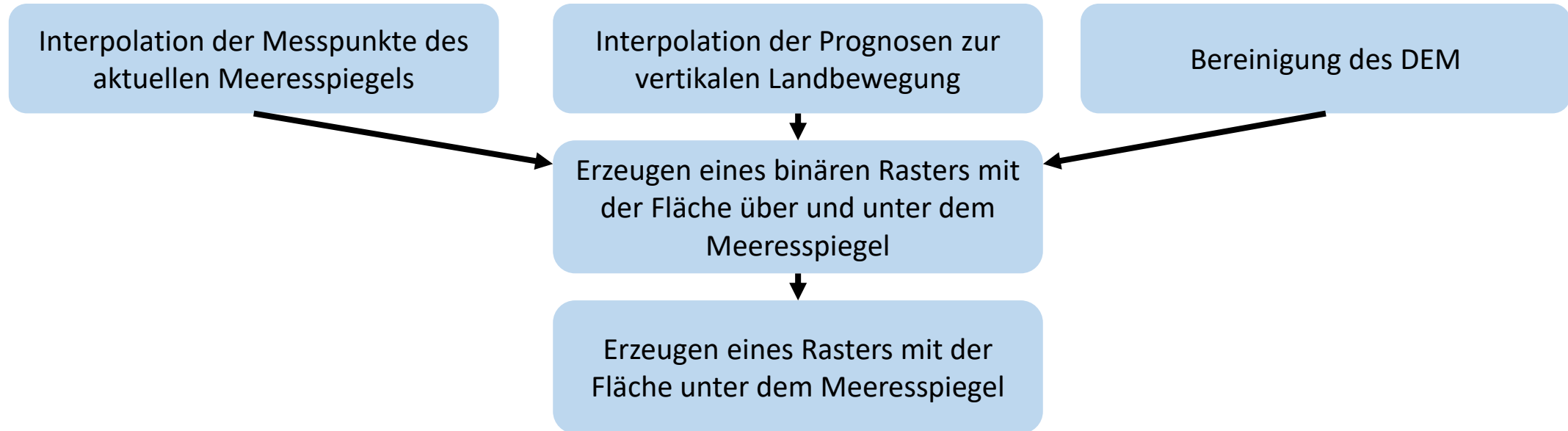
3. Durchgeführte Simulationen



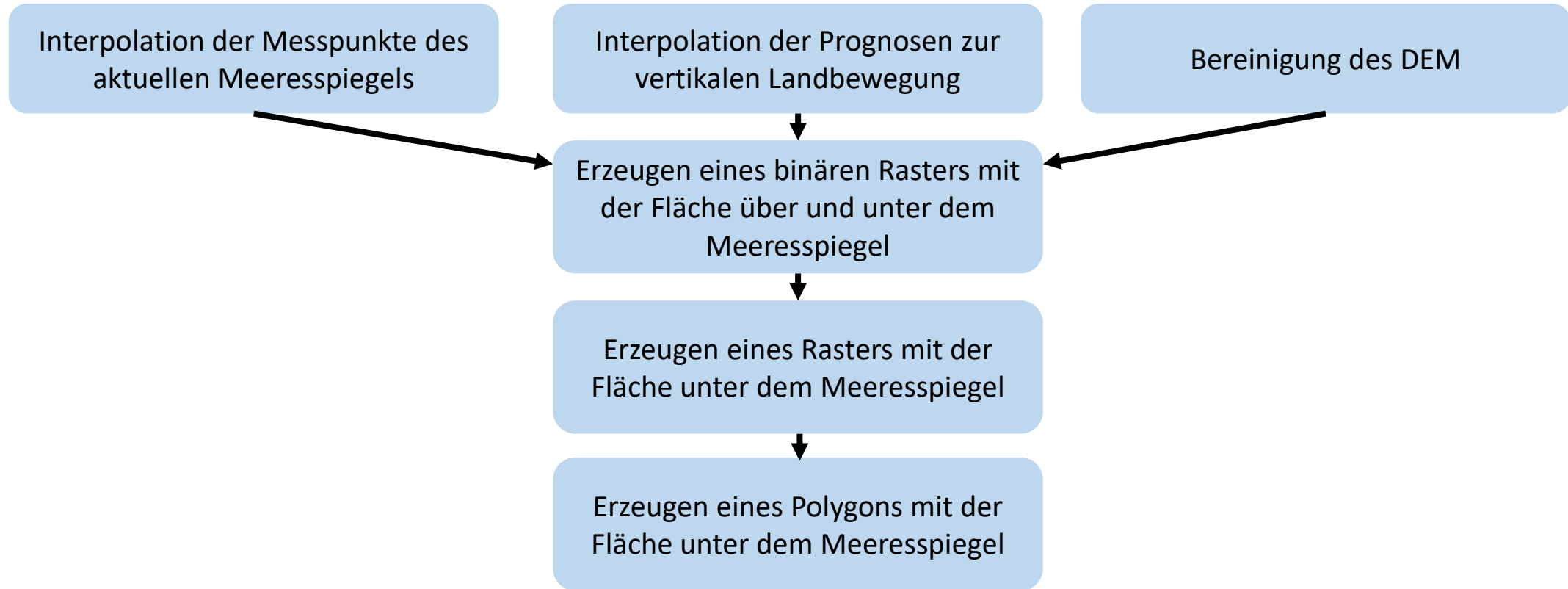
$$DEM + VLM \leq MS + MSA$$



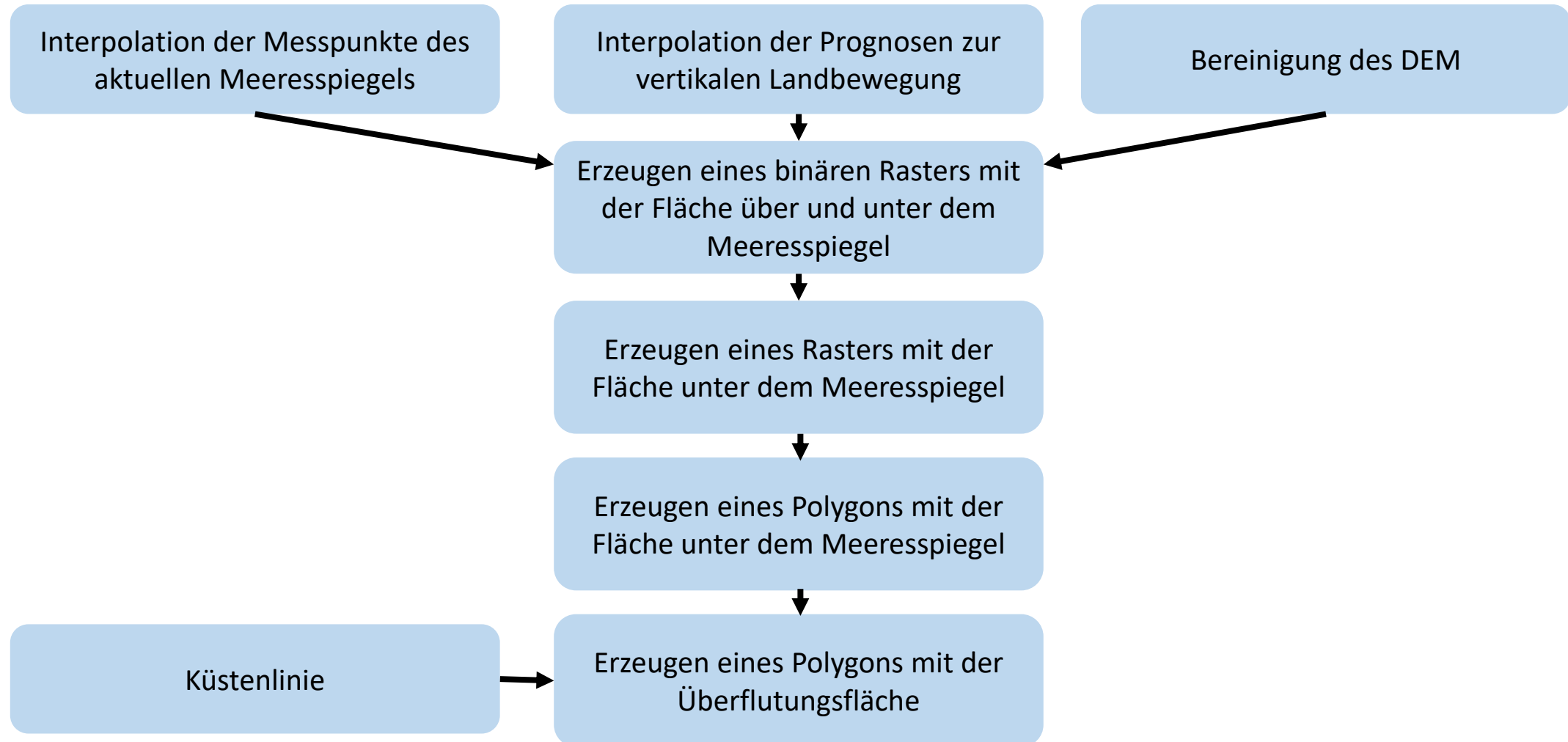
3. Durchgeführte Simulationen



3. Durchgeführte Simulationen

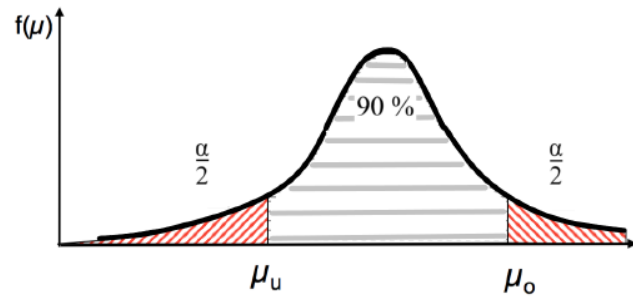


3. Durchgeführte Simulationen



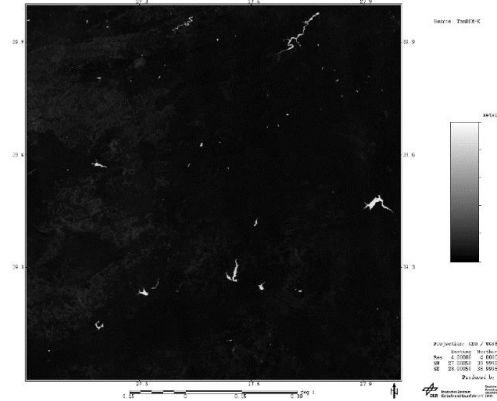
4. Modellierung von Unsicherheiten

IPCC-Prognosen



Konfidenzintervall des prognostizierten Meeresspiegelanstiegs

DEM



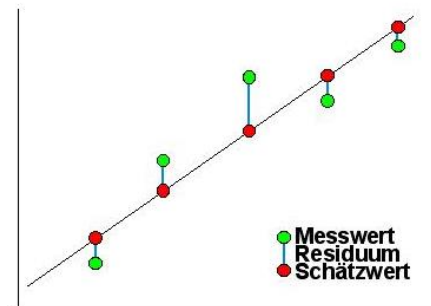
Height Error Map

Quelle: [WESSEL et al. 2018](#).

Aktueller Meeresspiegel

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

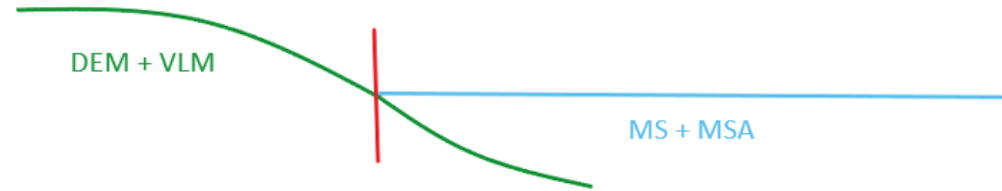
Vertikale Landbewegung



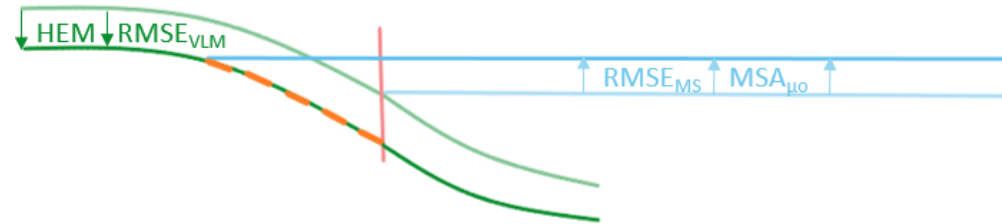
Quelle: RIEDL 2008.

4. Modellierung von Unsicherheiten

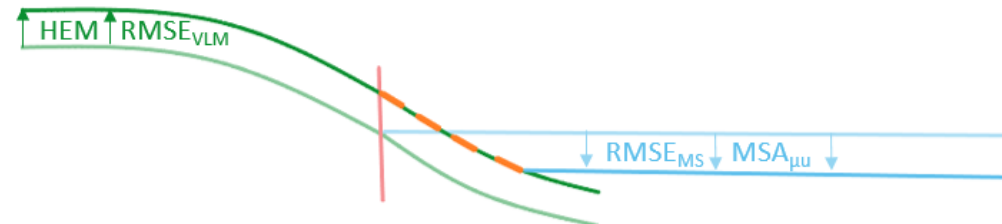
Küstenlinie nach der Simulation zum Meeresspiegelanstieg



Obere Unsicherheitsebene



Untere Unsicherheitsebene



- Landseite
- Seeseite
- | Prognostizierte Küstenlinie
- Unsicherer Bereich



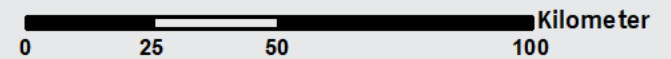
The image shows a map of a river system. The main river is colored red and flows from the top left towards the bottom right. Several tributaries are shown in blue. A legend in the top right corner identifies the red line as 'Ist-Zustand' (Current State) and the blue lines as 'Historischer Verlauf' (Historical Course). A scale bar at the bottom right indicates distances in kilometers, with markings at 0, 25, 50, and 100.

Ist-Zustand

0 25 50 100 Kilometer

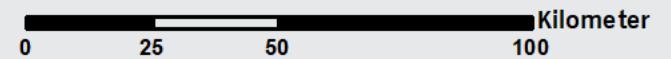


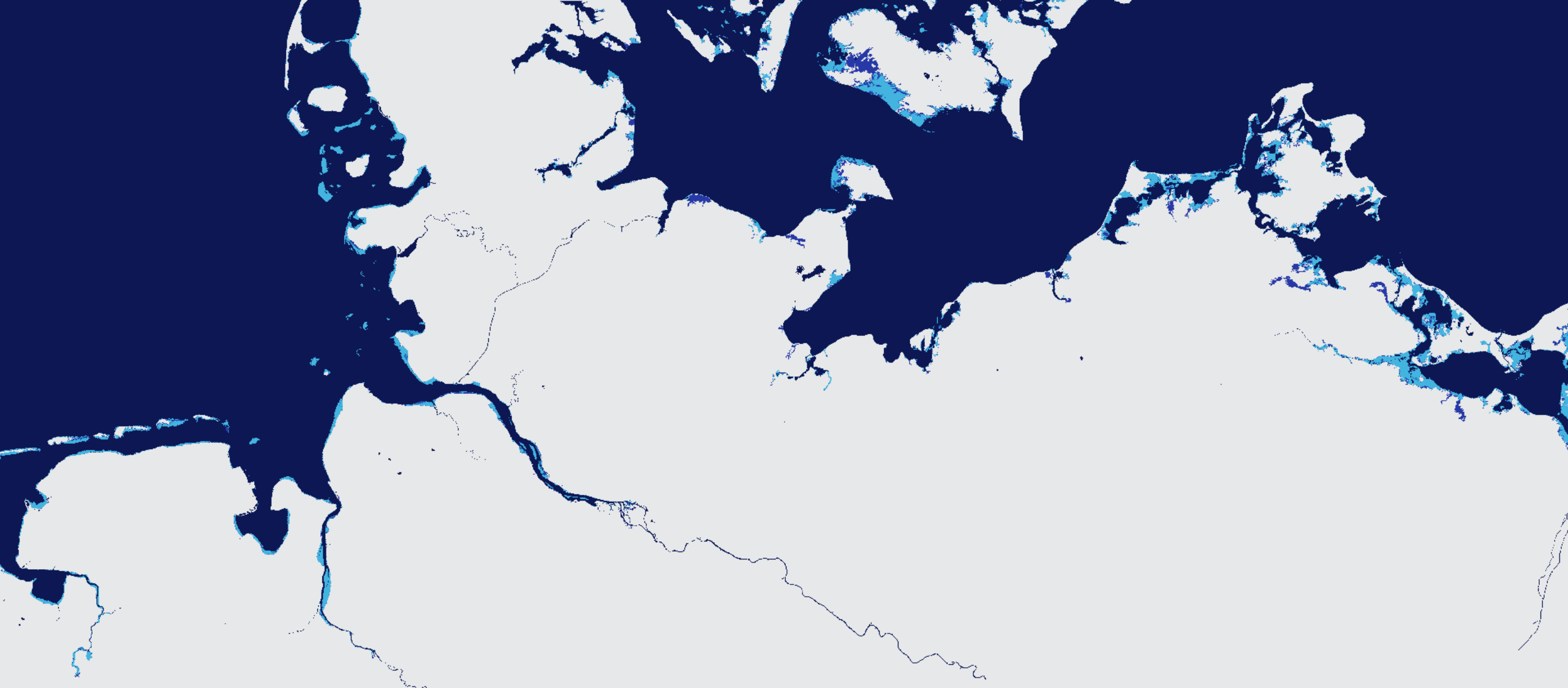
**Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100
nach RCP4.5**



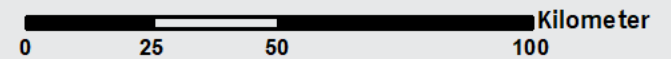


**Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100
nach RCP8.5**

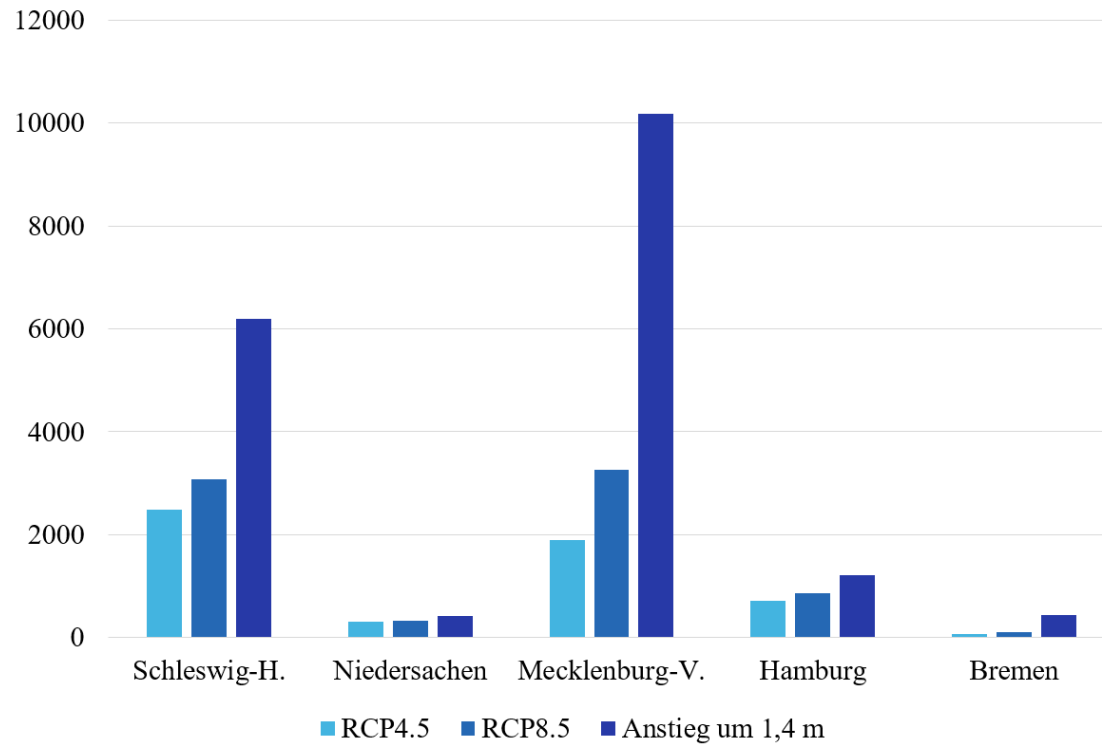




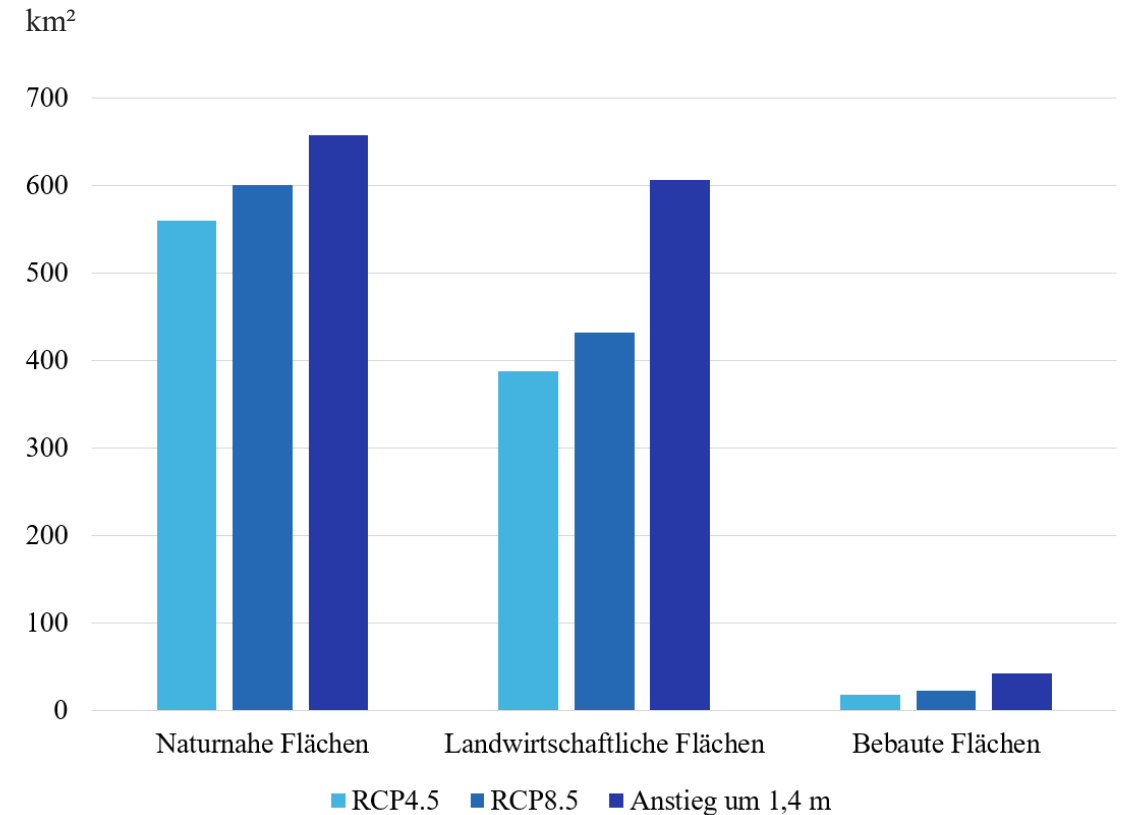
**Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100
nach neuesten Erkenntnissen**



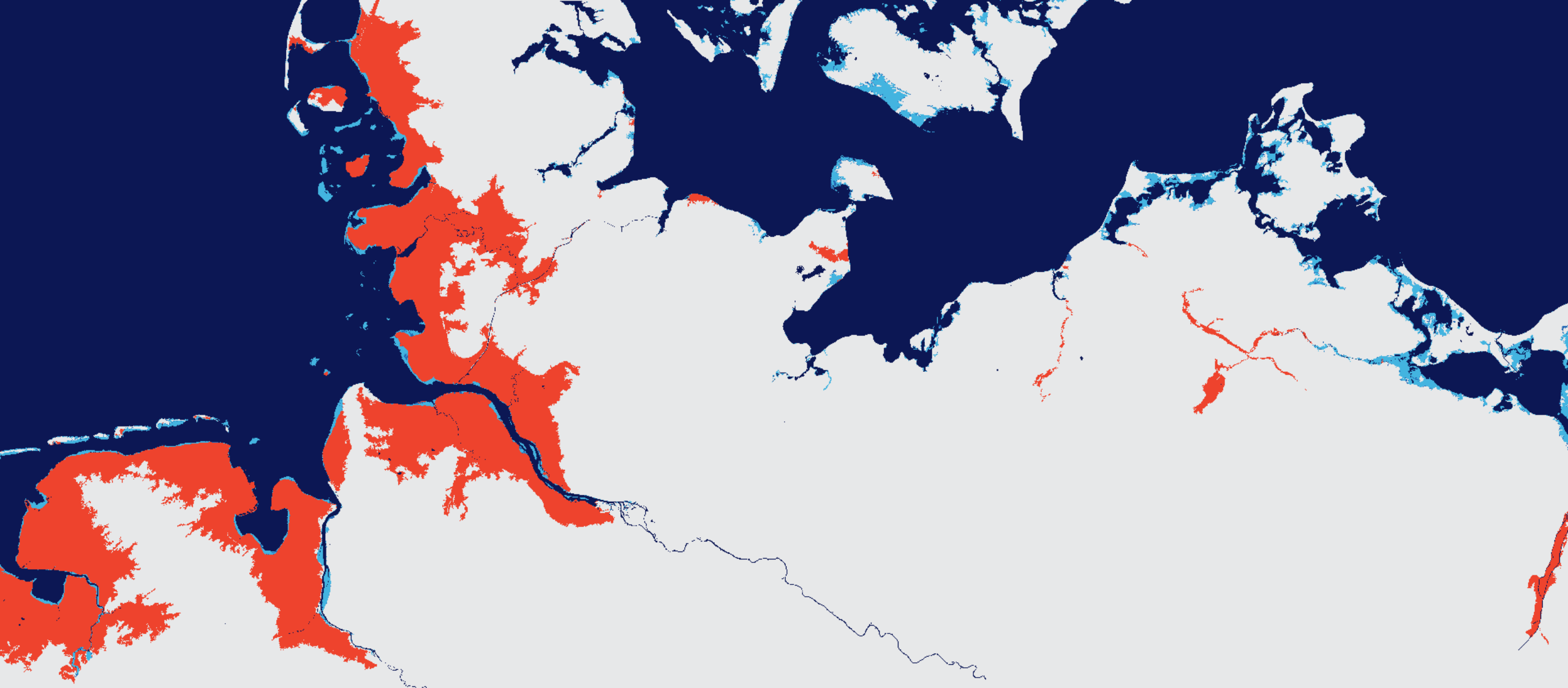
5. Ergebnisse



Vergleich der von Überflutung betroffenen Bevölkerung in den Szenarien mit Deichschutz.

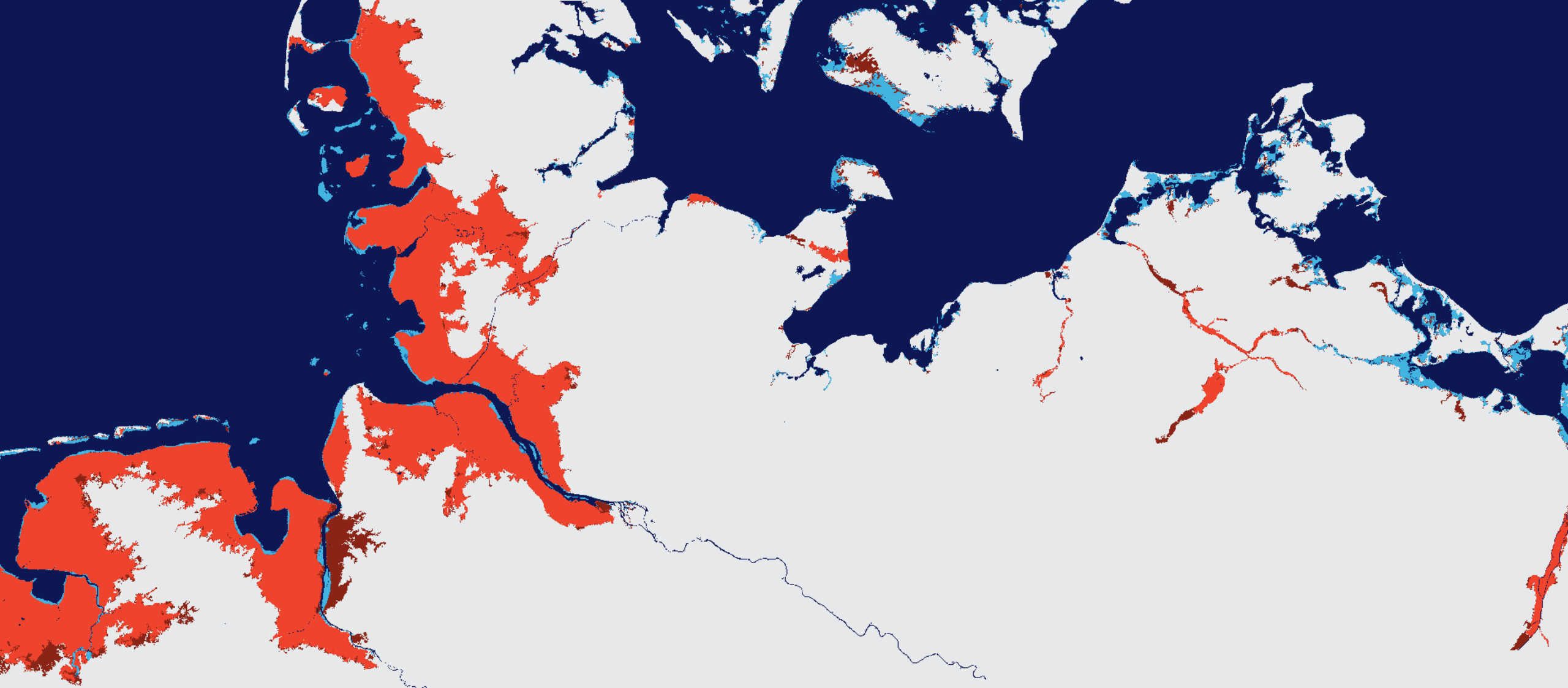


Vergleich der von Überflutung betroffenen Landnutzung in den Szenarien mit Deichschutz.

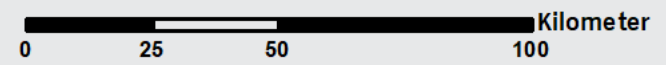


**Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100
nach RCP8.5**

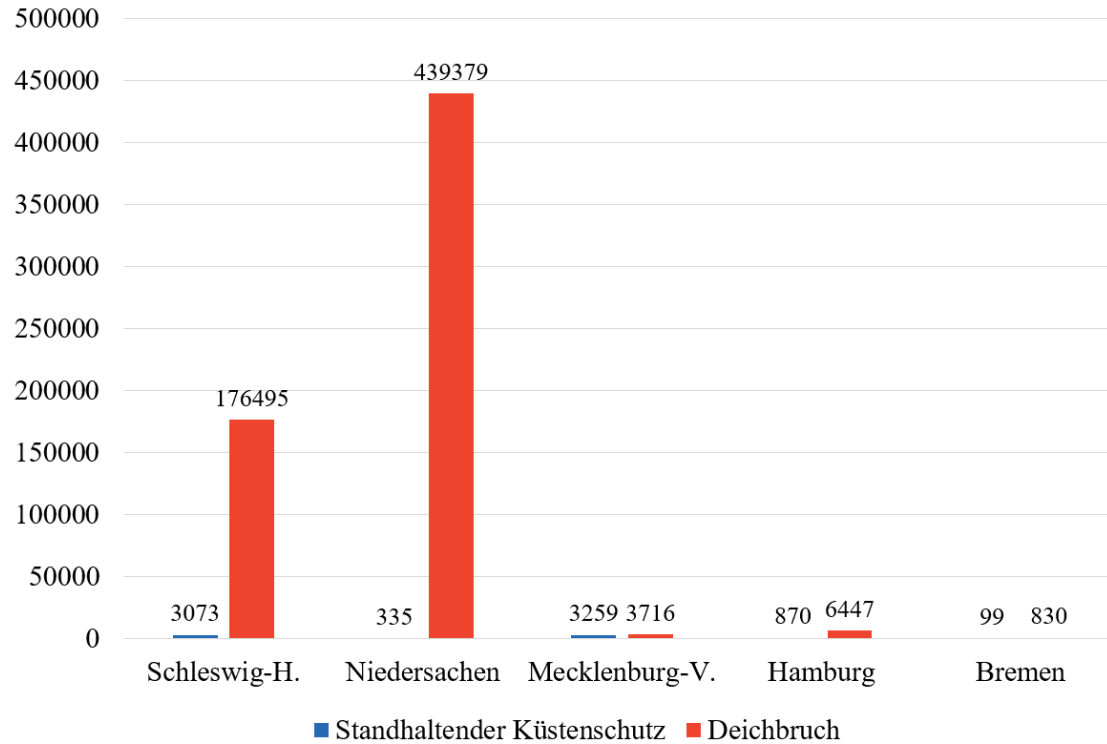




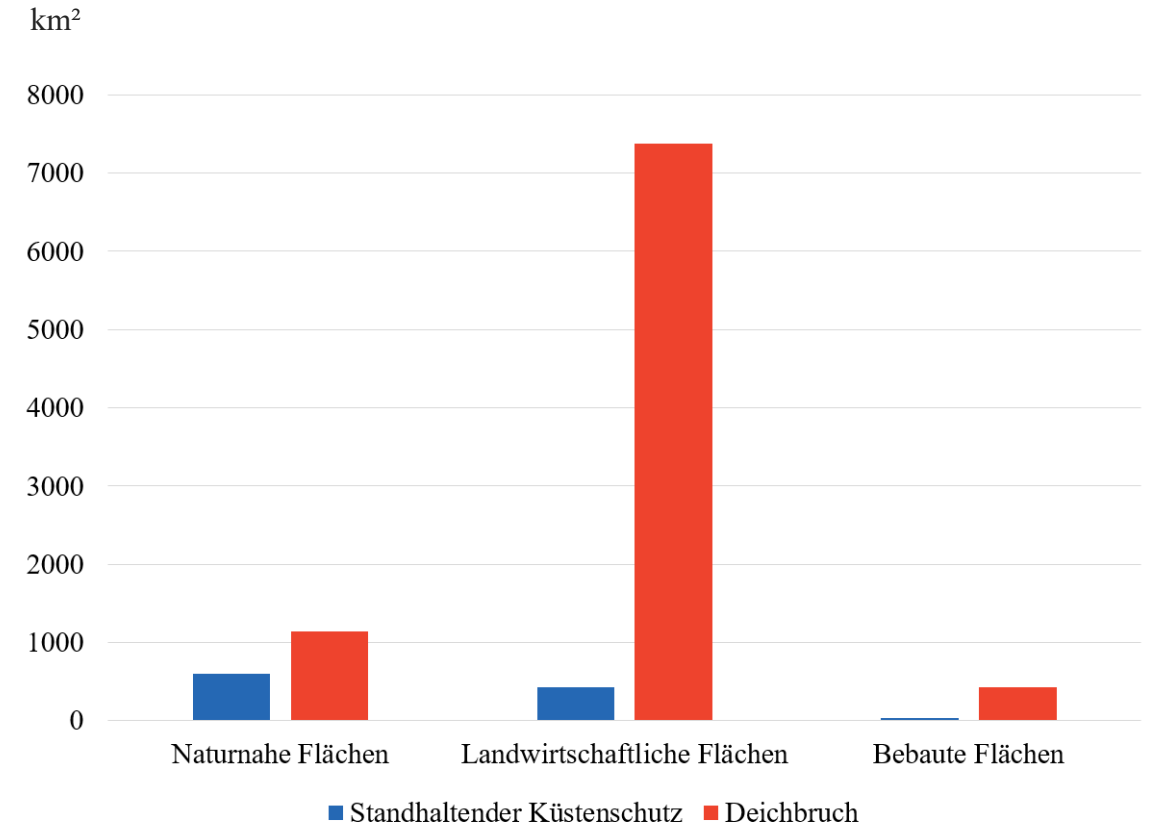
**Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100
nach neuesten Erkenntnissen**



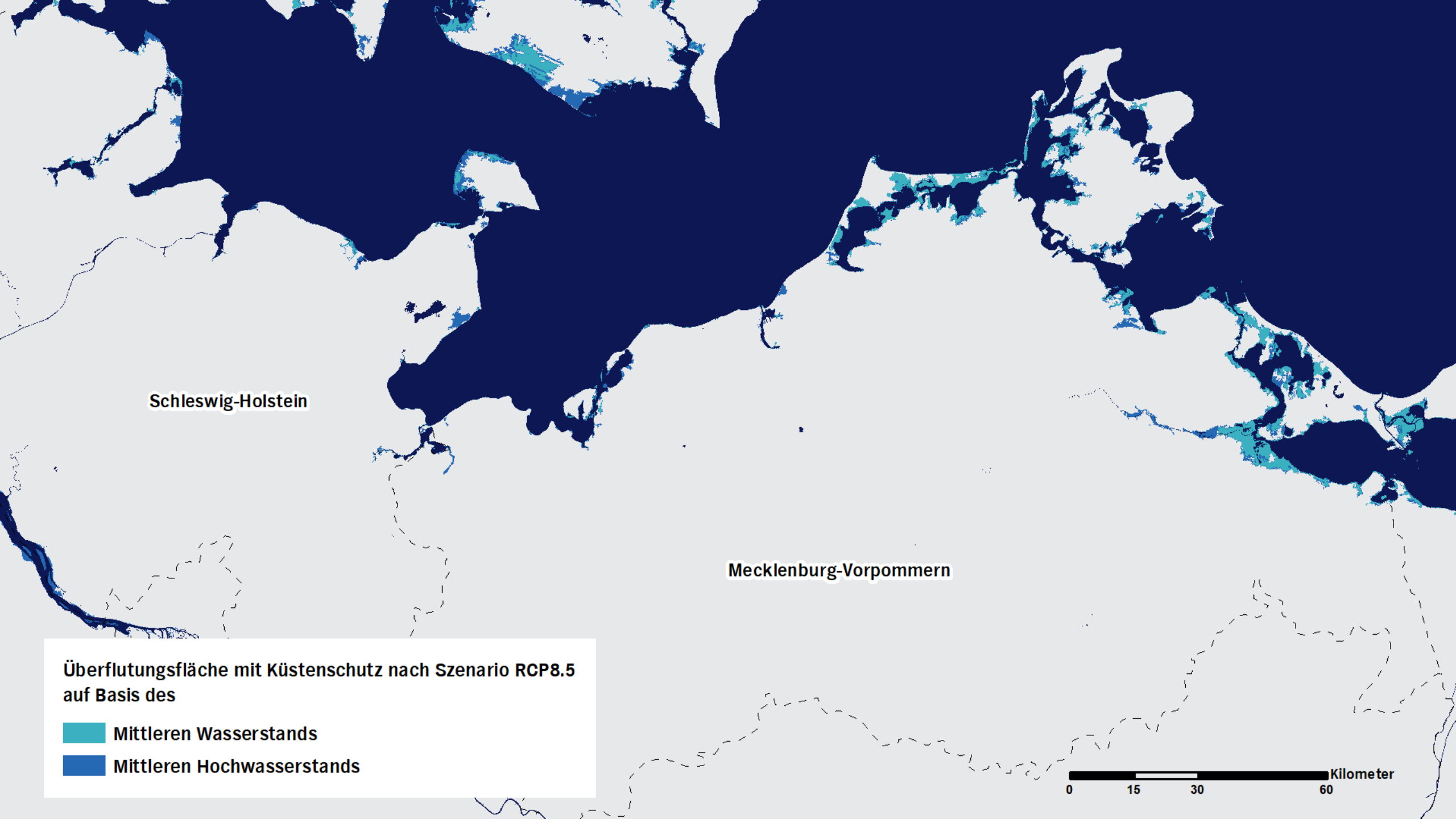
5. Ergebnisse



Vergleich der von Überflutung betroffenen Bevölkerung vor und nach dem Deichbruch in den Szenario RCP8.5





Vergleich der von Überflutung betroffenen Landnutzung vor und nach dem Deichbruch in den Szenario RCP8.5



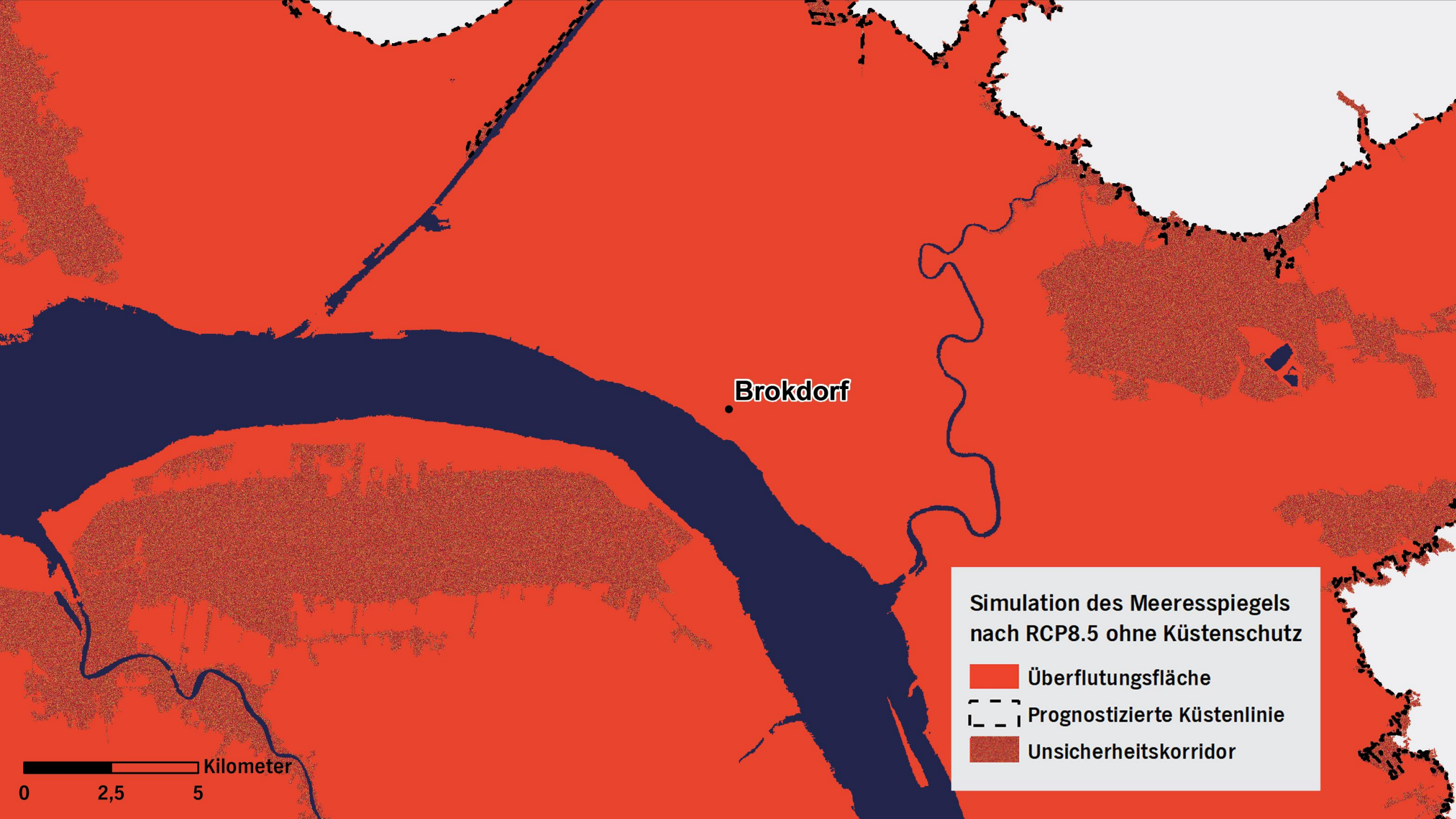
Schleswig-Holstein

Mecklenburg-Vorpommern

**Überflutungsfläche mit Küstenschutz nach Szenario RCP8.5
auf Basis des**

-  Mittleren Wasserstands
-  Mittleren Hochwasserstands





Brokdorf

Simulation des Meeresspiegels
nach RCP8.5 ohne Küstenschutz

- Überflutungsfläche
- Prognostizierte Küstenlinie
- Unsicherheitskorridor

Kilometer
0 2,5 5

5. Ergebnisse und Herausforderungen

- Ungenauigkeiten durch Interpolation
- Bevölkerungsdaten von 2011 und Landnutzungsdaten von 2012
- Manuelle Bearbeitung der Deichanlagen und Sperrwerke

- *Keine Interaktivität*

6. Visualisierung als interaktive Karte

- Zugänglichmachen wissenschaftlicher Ergebnisse
- Niedrigschwellige Transportation von Inhalten
- Interaktive Möglichkeit zur „Exploration“

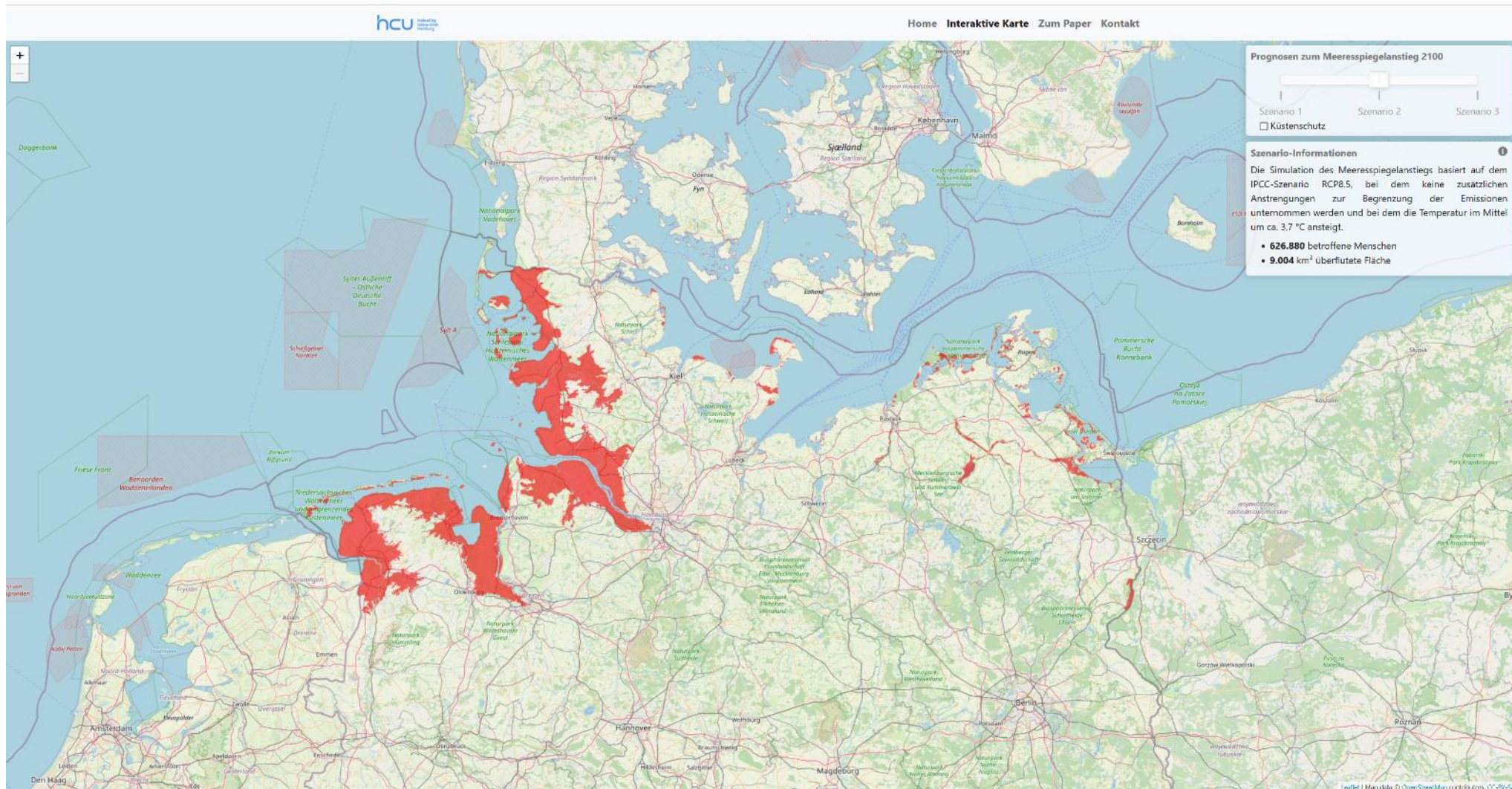
Umsetzung

- Aufsetzen eines Geoserver
- Bereitstellen der Polygone als WFS-Tiles
- Einbindung in Karte mit Leaflet.js auf

<https://sealevelrise.hcu-hamburg.de/>



6. Visualisierung als interaktive Karte



Fazit

- Mehrwert der Simulation durch:
 - Einbindung regional angepasster Werte zur Prognose des Meeresspiegelanstiegs
 - Einbindung des aktuellen Wasserstands
 - Verwendung eines hochaufgelösten DEM
 - Mit und ohne Integration des bestehenden Küstenschutzes
 - Darstellung der Unsicherheiten
- Visualisierung als Medienkarte bietet:
 - Lokalisierung der potentiellen Überschwemmungsgebiete
 - Einschätzung der Größenordnungen der Überflutung für Norddeutschland
 - Verdeutlichung der Unterschiede zwischen den Szenarien



Martin Knura

martin.knura@hcu-hamburg.de



Vielen Dank!