



# Aktueller Stand der Auswirkungen des Klimawandels auf den niedersächsischen Küstenschutz und Lösungsansätze

Prof. Frank Thorenz

*Betriebsstellenleiter – Geschäftsbereichsleiter NLWKN*

*Forschungsleiter Küste - Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen KFKI*

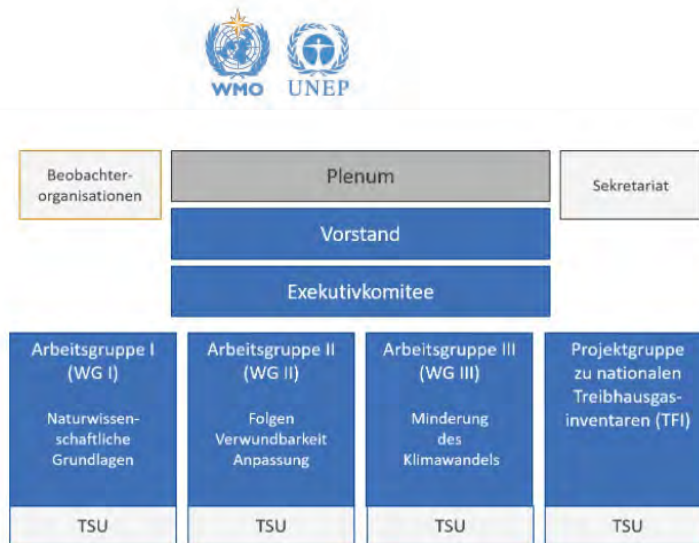


# Überblick

- Der Weltklimarat IPCC – Kurzüberblick Organisation und zeitliche Abläufe
- Ergebnisse des 6. Untersuchungsberichts des IPCC Teil „Naturwissenschaftliche Grundlagen“ vom August 2021
- Umsetzung der Ergebnisse des Weltklimarates auf Ebene der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser LAWA
- Anpassung an den Klimawandel im Küstenschutz in Niedersachsen

# Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC

## Organisatorischer Aufbau



Organisationsstruktur des IPCC. Grau: Regierungen. Blau: Wissenschaft. Hellgrau: Unterstützende Institutionen.

Quelle: <https://www.de-ipcc.de>

**Wissenschaftliches Gremium und zwischenstaatlicher Ausschuss** mit Sitz in Genf – Institution der Vereinten Nationen gegründet 1988 von UN (Umweltprogramm) und WMO

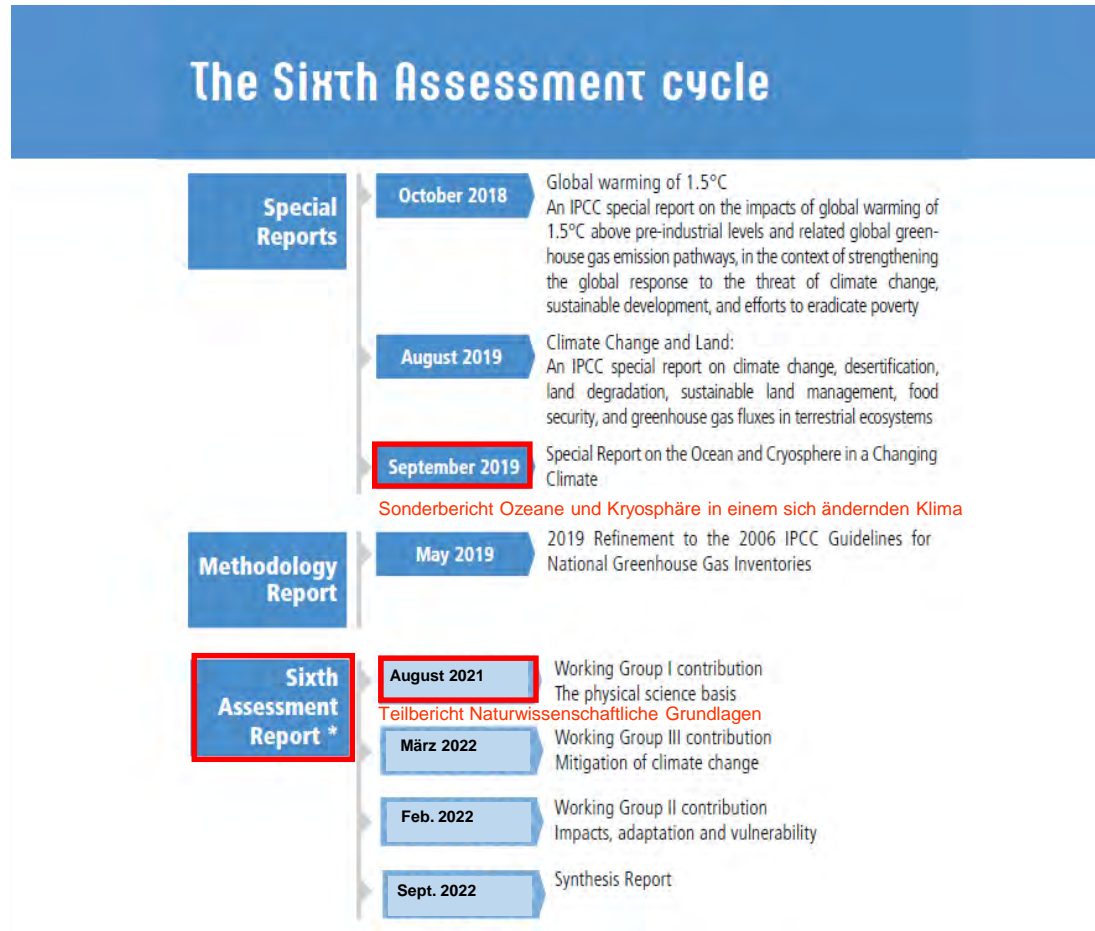
### Mitglieder:

- **Wissenschaftler\*innen** aus der ganzen Welt, ehrenamtlich als Autor\*innen sowie als Gutachter\*innen tätig.
- **Regierungen** von Staaten, die Mitglieder der Vereinten Nationen oder der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) sind.
- **Beobachter** von mehr als 100 akkreditierten internationalen Organisationen sowie aus der Zivilgesellschaft.

### Aufgaben:

- Regelmäßige Bereitstellung von Berichten über **den aktuellen Wissenstand** zum Klimawandel
- Informationen für Regierungen zur Entwicklung der **Klimapolitik**
- Der IPCC **forscht nicht selbst**
- Zusammenfassung zehntausender wissenschaftlicher Veröffentlichungen in Sachstandbereichen und Sonderberichten
- Aufzeigen von **Möglichkeiten** wie die Menschheit den Klimawandel mindern und sich an eine globale Erwärmung anpassen kann.
- Detaillierte **Verfahrensregeln**, alle Mitgliedsländer müssen der entsprechenden Fassung des Berichts zustimmen

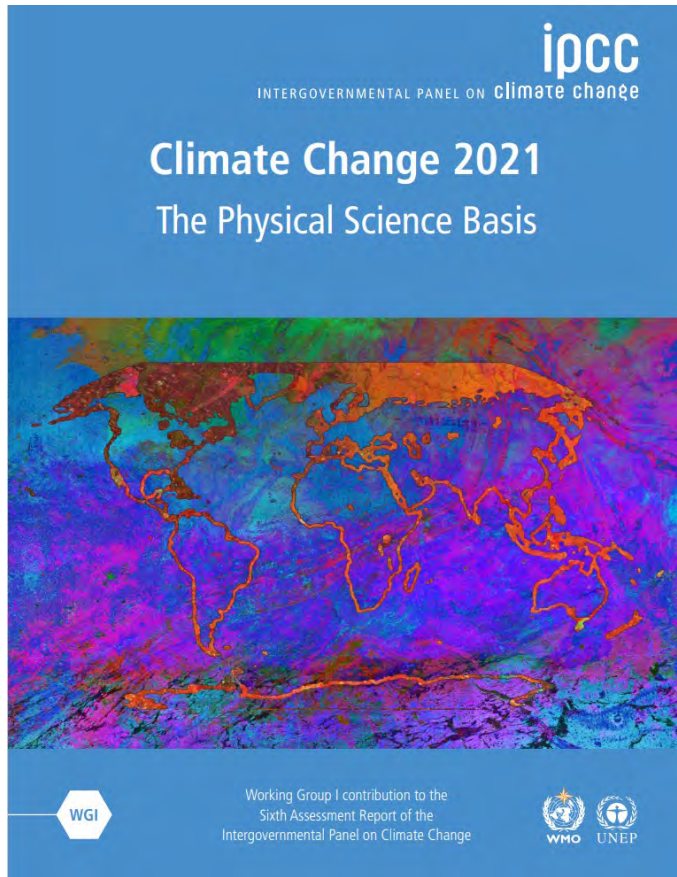
# Sechster Berichtszyklus des IPCC – Zeitlicher Ablauf



<https://www.ipcc.ch/>

# IPCC AR 6 WG1: Climate Change 2021 – Teilbericht “The Physical Science Basis”

## Naturwissenschaftliche Grundlagen



- Veröffentlicht: August 2021
- Gesamtumfang: 3.949 Seiten
- 234 Autoren aus 66 Ländern – 517 mitwirkende Autoren
- Mehr als 14.000 Referenzen
- 78.007 Kommentare im Rahmen der Experten- und Regierungsbeteiligung

- Kapitel 8: Water Cycle Changes (229 S.)
- Kapitel 9: Ocean, cryosphere and sea level change (257 S.)
- Kapitel 11: Weather and climate extreme events in a changing climate (345 S.)

### Unterschiede zum SROCC (2019):

- Längere **Betrachtungszeiträume** bis 2150 bzw. 2300
- Neueste **wissenschaftliche Erkenntnisse** (nach SROCC) insbes. auch zur Kryosphäre einbezogen

<https://www.ipcc.ch/>



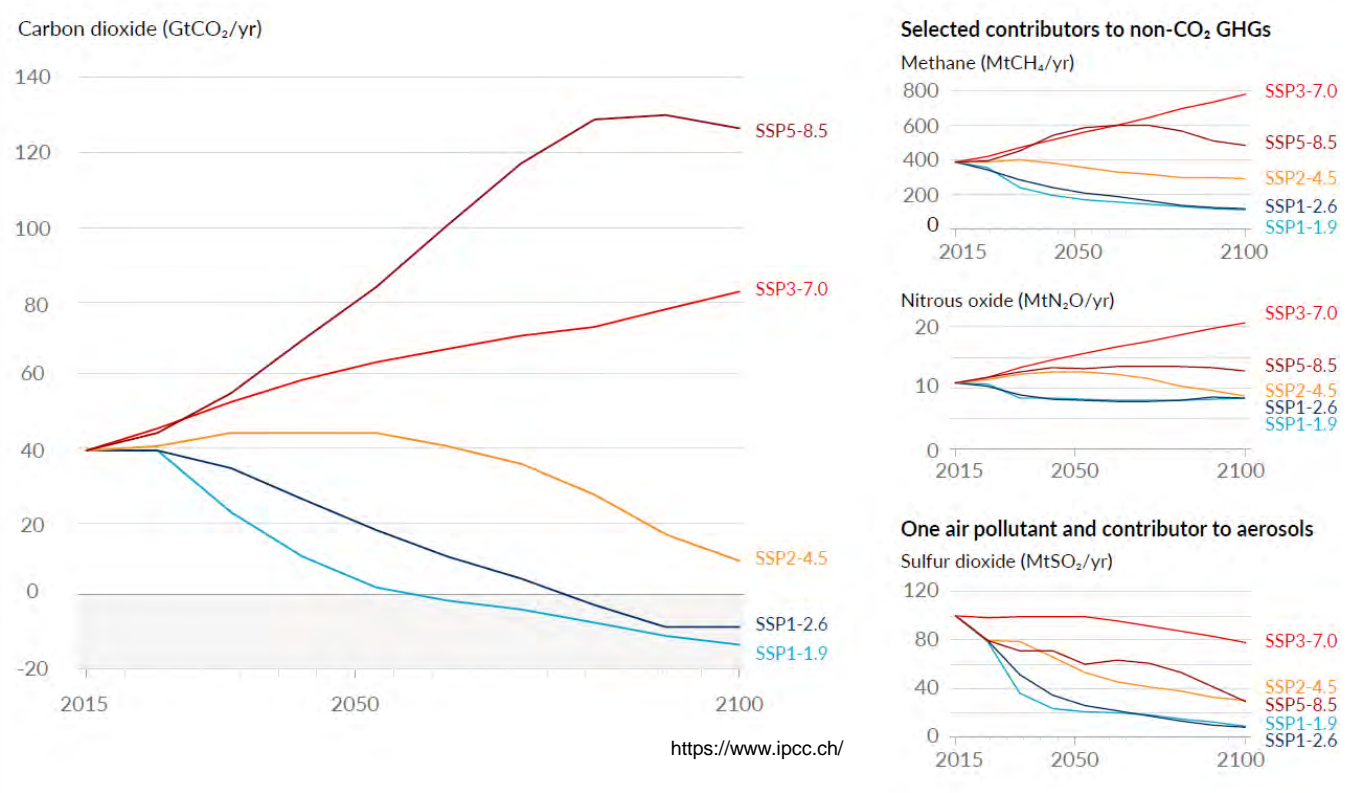


- Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung
- Umfang: 45 Seiten
- Digital verfügbar unter <https://www.de-ipcc.de>

<https://www.de-ipcc.de>

# Klimamodellierung

## SSP Szenarien - Jährliche Emissionsraten bis zum Jahr 2100



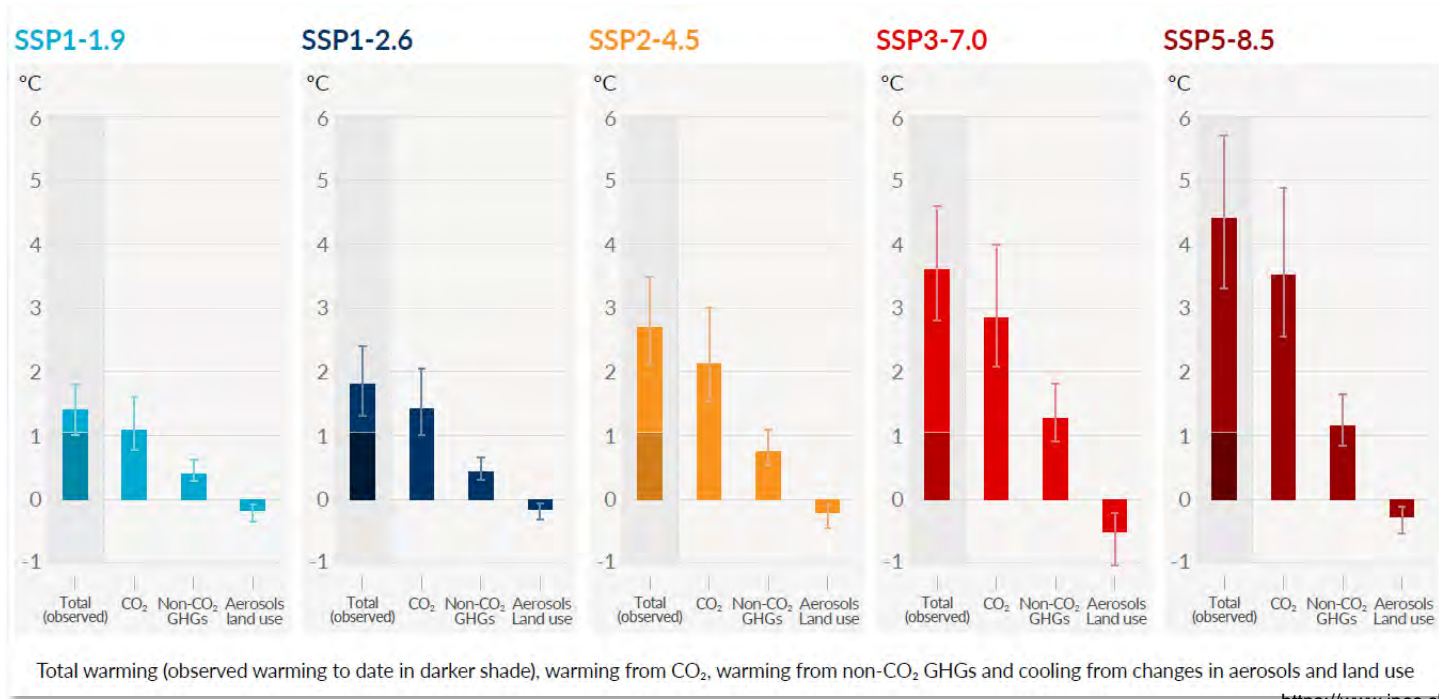
Bisher: **RCP** (representative concentration pathway): **Repräsentativer Konzentrationspfad**

Aktuell: **SSP** (shared socioeconomic pathway): **Gemeinsam genutzter sozioökonomischer Pfad** - Szenario der projizierten sozioökonomischen globalen Veränderungen

SSP1: Nachhaltigkeit, SSP3: Regionale Rivalität, SSP4: Ungleichheit, SSP5: Fossil befeuerte Entwicklung

# Projektionen globale mittlere Temperaturänderung 2081/2100 zu 1850-1900 [°C]

## SSP-Szenarien



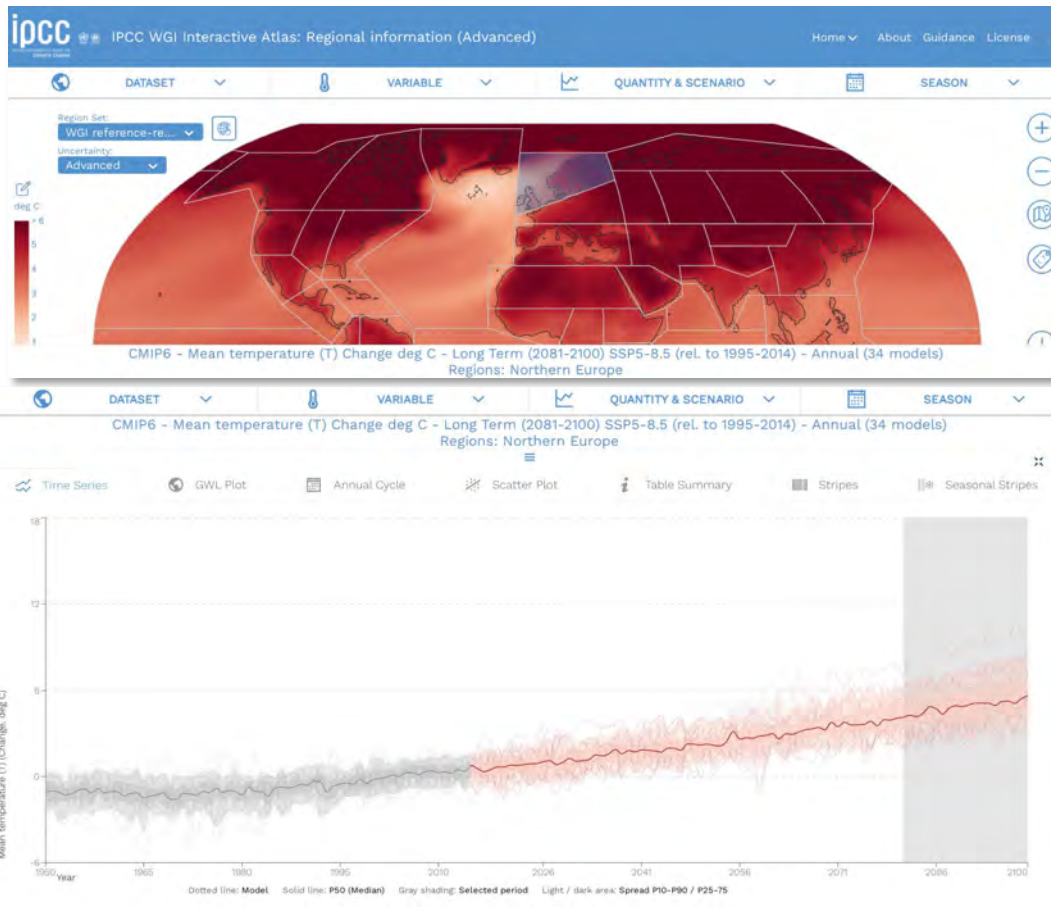
Beobachtete Erwärmung in dunkleren Farbtönen dargestellt

Scenario	Near term, 2021–2040		Mid-term, 2041–2060		Long term, 2081–2100	
	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7



# Änderung mittlere Temperatur 2081/2100 zu 1995-2014 [°C] SSP5-8.5 Nordeuropa

## Interaktiver Atlas des IPCC



- Große Anzahl von klimarelevanten Größen verfügbar
- Zeitlicher Verlauf des Medians einzelner Größen
- Modellergebnisse (im Beispiel 34)
- Schwankungsbreiten aber deutliche Tendenz
- Im AR6 WG 1 Bericht: Angabe des **Median** und von **wahrscheinlichen Bandbreiten**
- Wichtig: **Untersuchungszeiträume** beachten!

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

# AR6 WG 1: 6. Untersuchungsbericht Working Group 1

## Projektionen des Meeresspiegelanstieges bis 2100/2150 und Bandbreiten

### Projected global mean sea level rise under different SSP scenarios

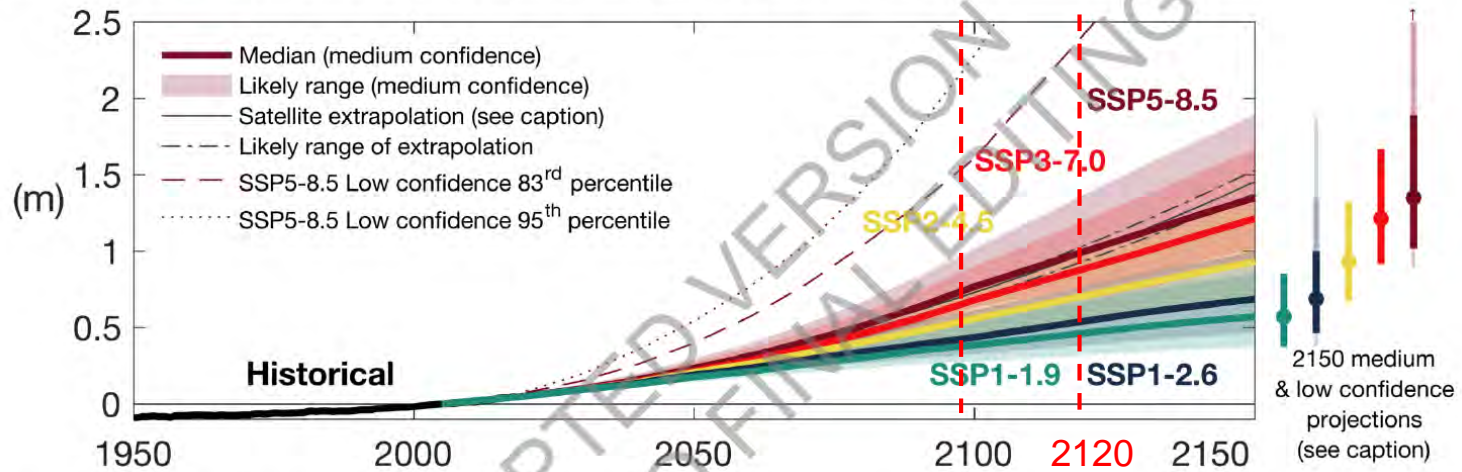


Figure 9.27: Projected global mean sea level rise under different SSP scenarios. *Likely* global mean sea-level change for SSP scenarios resulting from processes in whose projection there is *medium confidence*. Projections and *likely* ranges at 2150 are shown on right. Lightly shaded ranges and thinner lightly shaded ranges on the right show the 17<sup>th</sup>-83<sup>rd</sup> and 5<sup>th</sup>-95<sup>th</sup> percentile ranges for projections including *low confidence* processes for SSP1-2.6 and SSP5-8.5 only, derived from a p-box including Structured Expert Judgement and Marine Ice Cliff Instability projections. Black lines show historical GMSL change, and thick solid and dash-dotted black lines show the mean and *likely* range extrapolating the 1993-2018 satellite altimeter trend and acceleration. Further details on data sources and processing are available in the chapter data table (Table 9.SM.9).

<https://www.ipcc.ch/>

# AR6 WG 1: 6. Untersuchungsbericht Working Group 1

## Projektionen des Meeresspiegelanstieges bis 2050 / 2100 und Bandbreiten

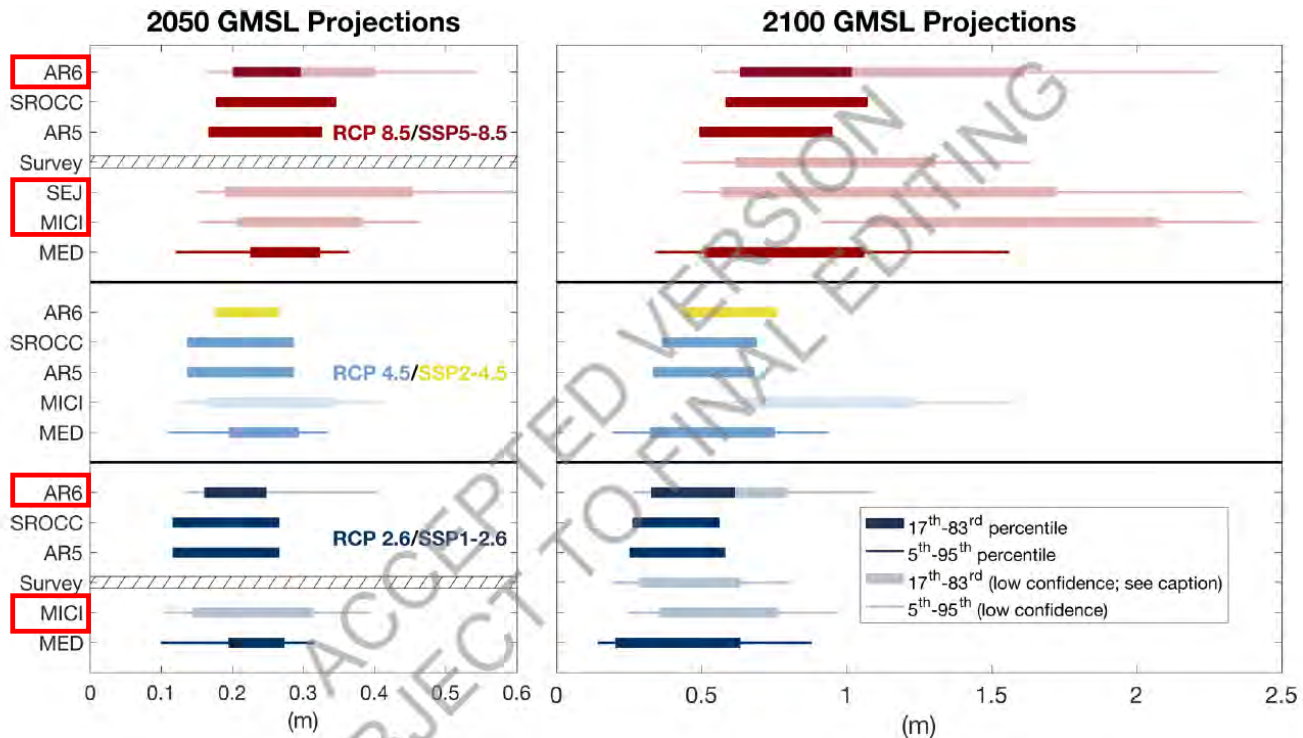
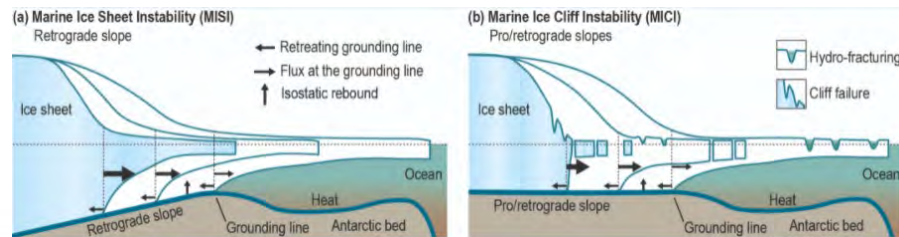


Figure 9.25: Literature global mean sea level (GMSL) projections (m) for 2050 (left) and 2100 (right) since 1995-2014, for RCP 8.5/SSP5-8.5 (top set), RCP 4.5/SSP2-4.5 (middle set), and RCP 2.6/SSP1-2.6 (bottom set). Projections are standardised to account for minor differences in time periods. Thick bars span from the 17<sup>th</sup>-83<sup>rd</sup>

**MICI:** Marine Ice Cliff Instability  
**SEJ:** Structured Expert Judgement





# AR6 WG 1: 6. Untersuchungsbericht Working Group 1

## Vergleich AR5 / SROCC / AR 6 Meeresspiegelanstieg bis 2100/2150/2300

	RCP 2.6		SSP1-2.6		
	AR5	SROCC	Medium confidence processes	MICI	SEJ
<i>m rel. to 1995-2014</i>					
Thermal expansion (9.2.4.1)	0.14 (0.10-0.19)		0.14 (0.11-0.18)		
Greenland (9.4.1.3)	0.07 (0.03-0.11)		0.06 (0.01-0.10)		0.13 (0.07-0.30)
Antarctica (9.4.2.5)	0.06 (-0.04-0.16)	0.04 (0.01-0.11)	0.11 (0.03-0.27)	0.08 (0.06-0.12)	0.09 (-0.01-0.25)
Glaciers (9.5.1.3)	0.10 (0.04-0.16)		0.09 (0.07-0.11)		
Land water storage (9.6.3.2)	0.05 (-0.01-0.11)		0.03 (0.02-0.04)		
Total (2100)	0.41 (0.25-0.58)	0.40 (0.26-0.56)	0.44 (0.33-0.61)	0.41 (0.35-0.48)	0.53 (0.38-0.80)
Total (2150)	0.29-0.63		0.69 (0.46-1.00)	0.74 (0.63-0.91)	0.84 (0.56-1.34)
GMSL rate, 2080-2100 (mm yr <sup>-1</sup> )	4.4 (2.0-6.8)	4 (2-6)	5.3 (3.3-8.1)	5.2 (4.4-6.2)	6.0 (2.9-1.1)

	RCP 8.5		SSP5-8.5		
	AR5	SROCC	Medium confidence processes	MICI	SEJ
<i>m rel. to 1995-2014</i>					
Thermal expansion (9.2.4.1)	0.31 (0.24-0.38)		0.30 (0.24-0.36)		
Greenland (9.4.1.3)	0.14 (0.08-0.27)		0.13 (0.09-0.18)		0.23 (0.10-0.59)
Antarctica (9.4.2.5)	0.04 (-0.08-0.14)	0.12 (0.03-0.28)	0.12 (0.03-0.34)	0.34 (0.19-0.53)	0.21 (0.02-0.56)
Glaciers (9.5.1.3)	0.17 (0.09-0.25)		0.18 (0.15-0.21)		
Land water storage (9.6.3.2)	0.05 (-0.01-0.11)		0.03 (0.02-0.04)		
Total (2100)	0.71 (0.49-0.95)	0.81 (0.58-1.07)	0.77 (0.63-1.02)	0.99 (0.82-1.19)	1.01 (0.70-1.61)
Total (2150)	0.34-1.35		1.35 (1.02-1.89)	3.48 (2.58-4.83)	1.80 (1.23-2.93)
GMSL rate, 2080-2100 (mm yr <sup>-1</sup> )	11.2 (7.5-15.7)	15 (10-20)	12.2 (8.8-17.7)	23.2 (17.7-30.2)	16.1 (9.8-29.1)

	Low	RCP 2.6		SSP1-2.6			
	AR5	SROCC	Post-AR5 Published range	No ice-sheet acceleration after 2100	Assessed ice-sheet contribution	MICI	SEJ
<i>m rel. to 1995-2014</i>							
Thermal expansion	0.07-0.46			0.19--0.35			
Greenland	0.14			0.22--0.39	0.11--0.25		0.28--1.28
Antarctica	0.21-0.25			-0.07--1.13	-0.14--0.78	0.71--1.35	-0.11--1.56
Glaciers	-			0.13--0.30			
Land water storage	-0.03	0.07-0.37		0.05--0.10			
Total (2300)	0.38-0.82	0.57-1.04	0.3--2.9	0.8--2.0	0.6--1.5	1.4--2.1	1.0-3.1

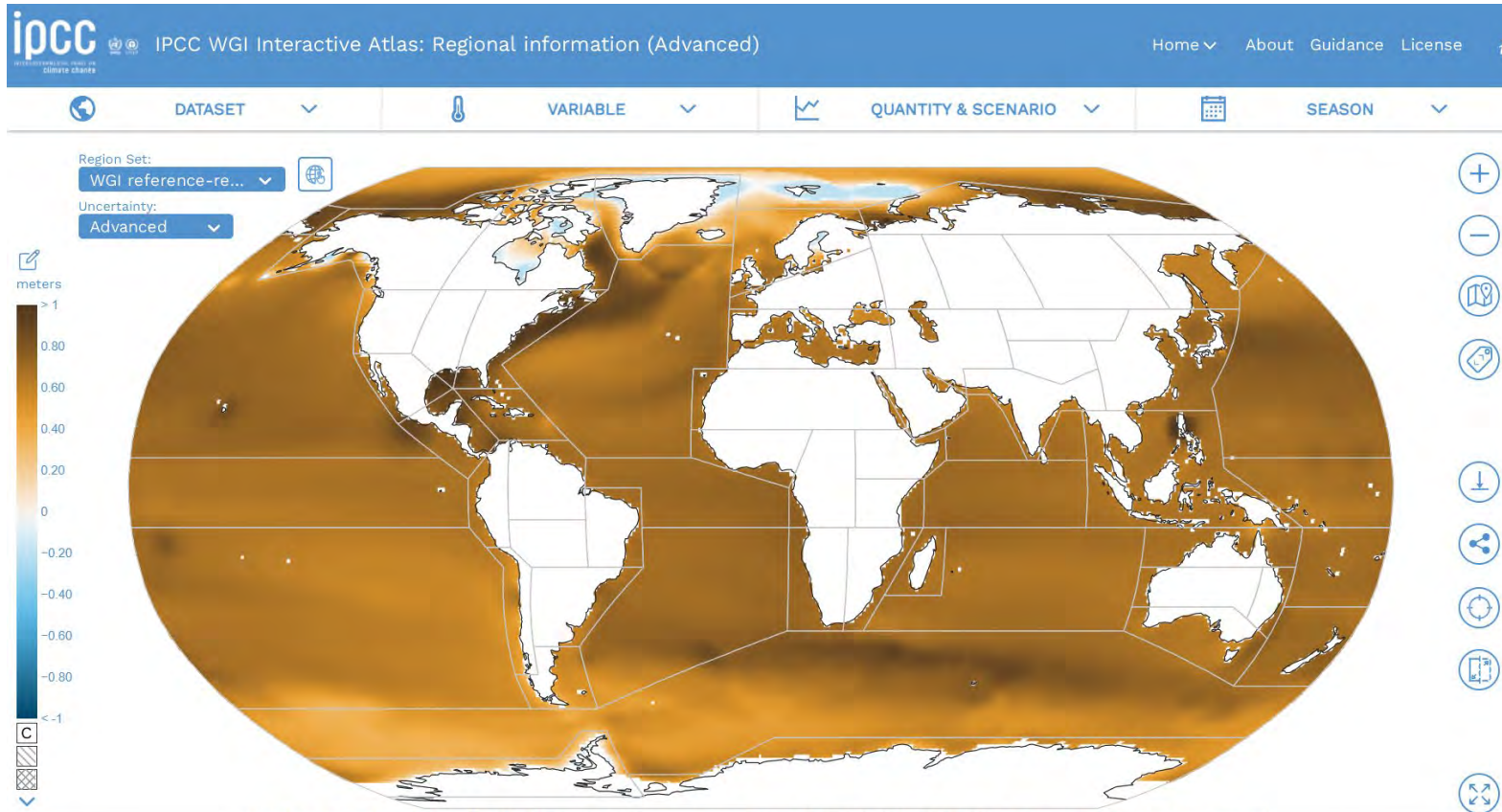
	High	RCP 8.5		SSP5-8.5			
	AR5	SROCC	Post-AR5 Published range without (with) MICI	No ice-sheet acceleration after 2100	Assessed ice-sheet contribution	MICI	SEJ
<i>m rel. to 1995-2014</i>							
Thermal expansion	0.28-1.80			0.91--1.50			
Greenland	0.30-1.18			0.53--0.89	0.32--1.74		0.40--2.23
Antarctica	0.02-0.19	0.60-2.89		-0.24-1.68	-0.27--3.17	6.87--13.54	0.03--3.05
Glaciers	0.29-0.39			0.32			
Land water storage	-			0.05--0.10			
Total (2300)	0.89-3.56	2.25-5.34	1.7--6.8 (up to 14.1)	1.9--4.1	2.2--5.9	9.5--16.2	2.4--6.3

<https://www.ipcc.ch/>

- Große Spannweiten je Szenario
- Starke Abhängigkeit von den Szenarien
- MSL-Anstieg nach 2100 für alle Szenarien
- Erheblicher Einfluss der Kryosphäre (MICI)



# Interactive Atlas: Meeresspiegelanstieg bis 2081-2100 zu 1995-2014 Szenario SSP5-8.5



CMIP6 - Sea level rise (SLR) Change meters - Long Term (2081-2100) SSP5-8.5 (rel. to 1995-2014) - Annual

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>



# Konsequenzen aus dem SROCC/AR6 für den Küstenschutz

## Bund und Länderaktivitäten

### 2019: Bund / Länder Abstimmung

- RCP 8.5 Szenario Basis für Vorsorgezwecke im Küstenschutz
- Perspektive eines Meeresspiegelanstieges über das Jahr 2100 hinaus



Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

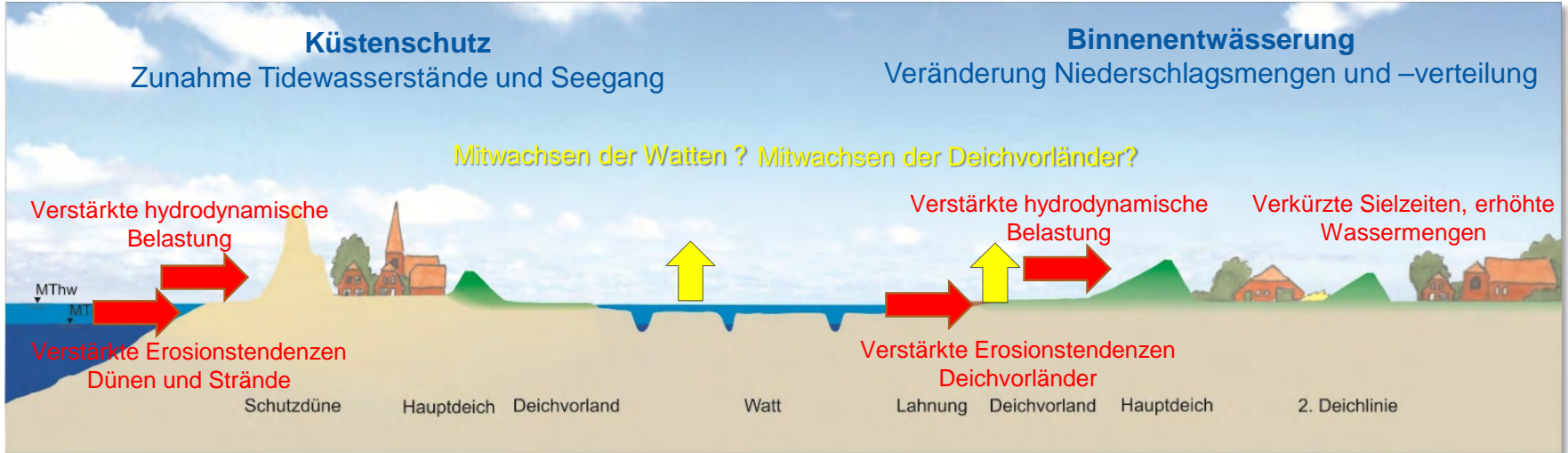
### 2020: Ständiger Ausschusses für Hochwasserschutzes und Hydrologie LAWA-AH (Fachliche Bearbeitung Arbeitsgruppe Küste)

- **Basis für Küstenschutzplanungen:** SROCC RCP 8.5. Keine signifikanten Abweichungen des globalen mittleren Meeresspiegelanstieges im Vergleich zur Nordsee
- Erhebliche **Forschungsbedarfe** zu Stürmen, Tidedynamik und Morphologie
- **Auf den Klimawandel bezogenes Vorsorgemaß von 1,0 m** für einen Zeitraum von 100 Jahren
- Umsetzung abhängig von den **lokalen Rahmenbedingungen** sowie Bauwerken (z.B. Nord- und Ostsee)
- Regelmäßige bzw. anlassbezogene **Überprüfung** aufgrund neuerer wissenschaftlicher Erkenntnisse

### 2021: Erlass des MU zur Umsetzung der Niedersächsischen Küstenschutzstrategie 2020

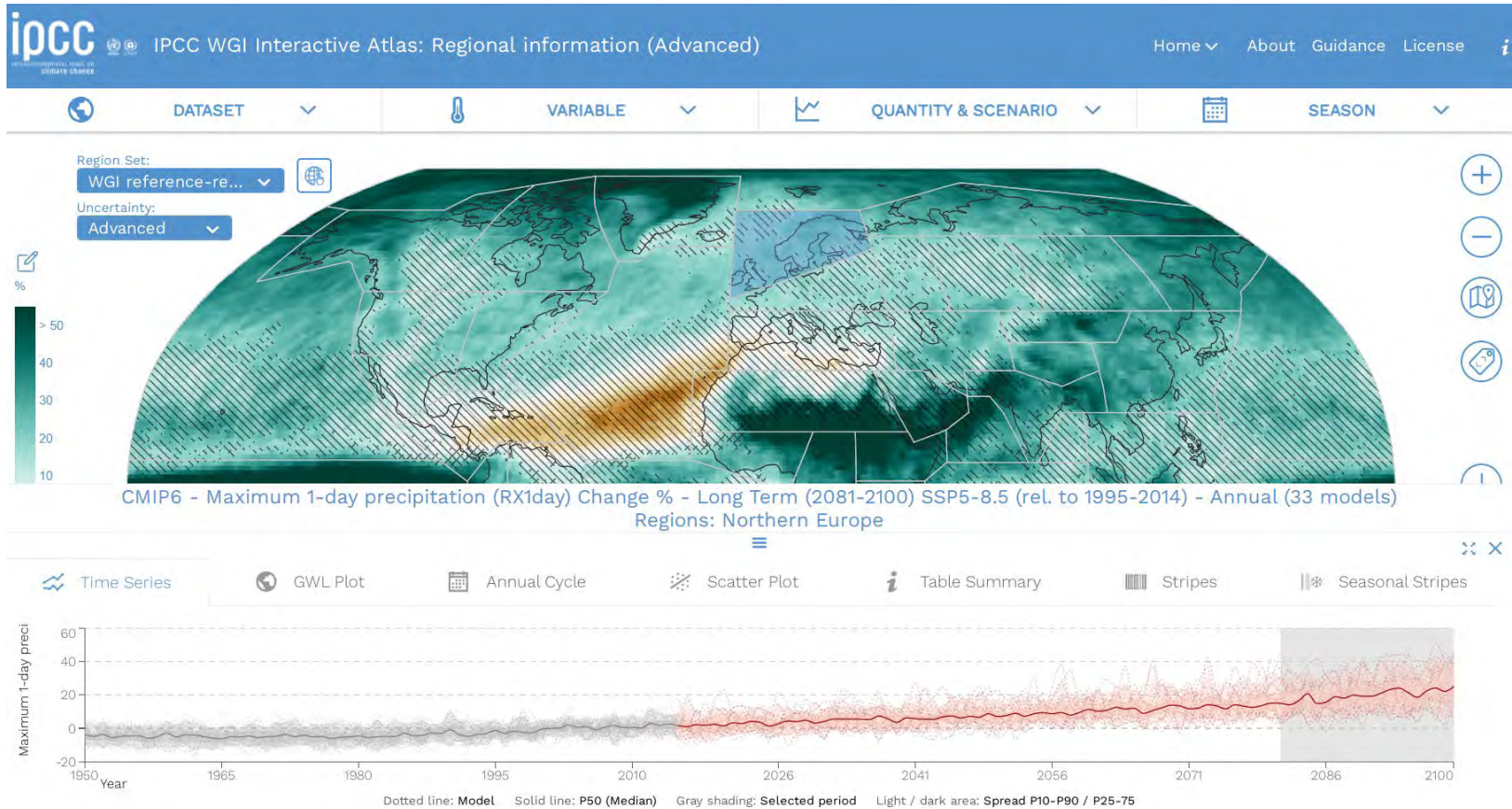
- Neues Vorsorgemaß
- Niedersächsischer Klimadeich / massive Bauwerke
- Umsetzungshinweise

**Auswirkungen des Klimawandels**  
**Küstenschutzsystem und Binnenentwässerung**





# Änderung maximaler täglicher Niederschlag 2081/2100 zu 1995-2014 [°C] SSP5-8.5 Nordeuropa Interaktiver Atlas des IPCC



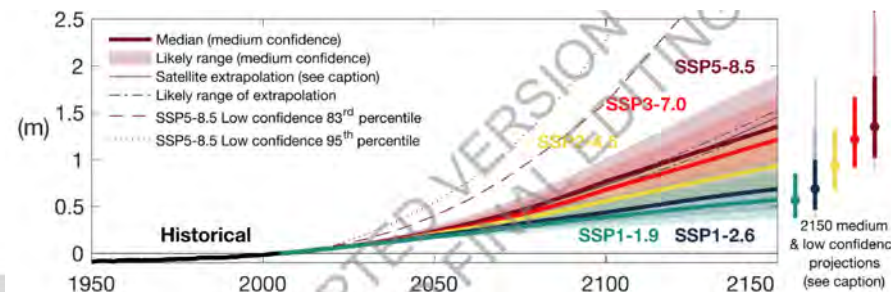
<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>



# Anpassungsstrategie im Küstenschutz

## Ausgangslage:

- Die Auswirkungen des Klimawandels: sind **sehr langfristig** und sind mit **großen Unsicherheiten** behaftet
- Die **Belastungen der Küstenschutzanlagen** werden steigen
  - Hydrodynamisch (Mittlerer Meeresspiegel MSL, Tidewasserstände, Sturmfluthöhen, Seegangsbelastung)
  - Sedimentdefizite im System und Erosion
- Maßnahmen des Küstenschutzes zum **Erhalt des Küstenschutzsystems** sind dauerhaft erforderlich
- **Küstenökosysteme** (Watt, Salzwiesen, Strände, Dünen) sind betroffen – ggf. Kippunkte für das Mitwachsen vorhanden
- Klimawandel tritt nicht abrupt ein. Es sind **Reaktionszeiten** vorhanden.
- Die **Erfordernisse** werden in den nächsten Dekaden steigen, **langfristige Planungshorizonte** sind wesentlich
- Küstenschutz muss **vorausschauend, flexibel** und **nachhaltig** sein



# Anpassungsstrategie im Küstenschutz

## Handlungsziele

- **Sicherung und Entwicklung des Küstenraums** als Lebensgrundlage der Menschen durch nachhaltige Planungen und Maßnahmen
- Langfristige Gewährleistung des **Sicherheitsstandards für den Küstenschutz**
- Küstenschutz ist **vorsorgend** ausgerichtet
- Erhalt und Anpassung des **Küstenschutzsystems** am Festland und auf den Inseln sowie des **Schutzdeichsystems**
- **Erhöhung und Verstärkung** der Hauptdeiche und deren Anpassung an veränderte zukünftige hydromorphologische Rahmenbedingungen
- Berücksichtigung von **zukünftigen Entwicklungen** durch **resiliente und nachhaltige** Strategien, Konzepte und Maßnahmen
- Bauen mit der **Natur / ökoystembasierter Küstenschutz**
- Freihaltung von **Planungsräumen** für Küstenschutzmaßnahmen



# Anpassungsstrategie im Küstenschutz

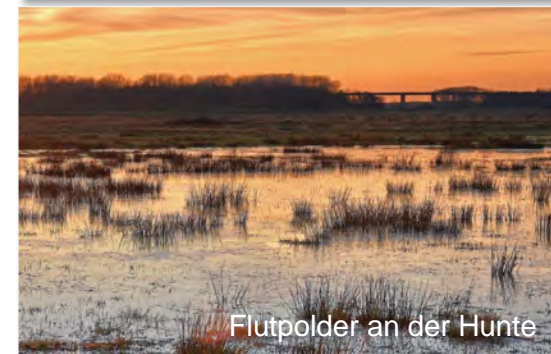
## Übergreifende Maßnahmen des Risikomanagements

- Fortschreibung und Umsetzung der **Generalplanung Küstenschutz** als zentraler fachlicher Grundlage der **niedersächsischen Küstenschutzstrategie** (auch Hochwasserrisikomanagement im Küstenschutz und Klimaanpassung) – GPK Schutzdeiche 2020 abgeschlossen, GPK Festland in Bearbeitung
- **Integrierte Betrachtung** von sturmflutkehrenden Küstenschutzsystemen und Schutzdeichsystemen
- **Monitoring und Bewertung** relevanter Größen für den Küstenschutz (Wasserstand, Seegang, Morphologie)
- Regelmäßige **Überprüfung** der Belastung der Küstenschutzsysteme - Funktionalität und Ausbauhöhen
- **Sturmflutwarn-** und Hochwassermeldedienst
- Zielgerichtete **Unterhaltung** und regelmäßige **Überprüfung** der Anlagen
- Langfristige Absicherung der **Finanzierung** über die GAK – Langfristige Weiterführung und Erhöhung der Küstenschutzmittel – laufende Initiative der Küstenländer



# Anpassungsstrategie im Küstenschutz

## Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen - Schutzdeiche



- **Schutzdeichsysteme** aus 566+32 km Deichen, Poldern, Überflutungsräumen und Schutzwerken
- **Ziele: Resiliente Systeme** zur Anpassung an den **Klimawandel - Hohe Flexibilität**
- **Überflutungsschutz** gewährleisten, **Wasserstände** managen und wertvolle **Naturräume** schaffen

Nächste Schritte:

- **Gewässerspezifische Machbarkeitsstudien** (regionalisierte Klimaänderungsszenarien, Maßnahmen)
- **Abbau prioritärer Defizite**

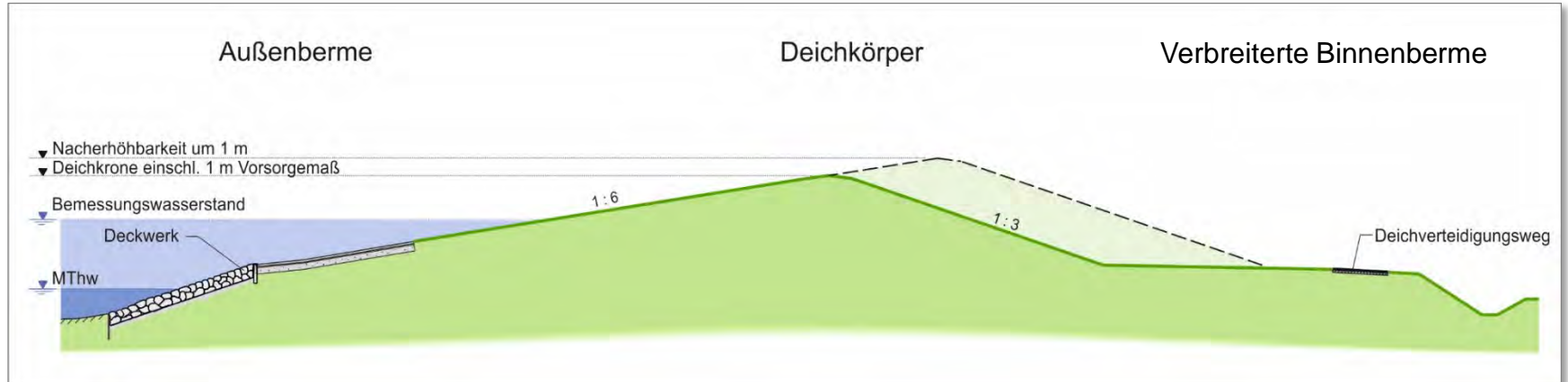


# Anpassungsstrategie im Küstenschutz

## Bauwerksspezifische Maßnahmen

### Niedersächsischer Klimadeich

- **Vorsorgemaß** von einem Meter für sturmflutkehrende Küstenschutzanlagen – Erhöhung der Belastung durch Wasserstände und Seegang
- **Flexible Nacherhöhbareit** von Hauptdeichen als technische Bauwerke um einen weiteren Meter durch **breitere Berme**



# Anpassungsstrategie im Küstenschutz

## Bauwerksspezifische Maßnahmen

### Niedersächsischer Klimadeich

- **Vorsorgemaß** von einem Meter für sturmflutkehrende Küstenschutzanlagen – Erhöhung der Belastung durch Wasserstände und Seegang
- **Flexible Nacherhöhbarekeit** von Hauptdeichen als technische Bauwerke um einen weiteren Meter durch **breitere Berme**
- Anpassungsfähigkeit für massive **sturmflutkehrende Küstenschutzbauwerke** von bis zu einem weiteren Meter in Gründung und Tragwerksplanung unter Berücksichtigung der **Funktionalität und Lebensdauer**
- Deiche in **Erdbauweise** mit erosionsfester Kleidecke und widerstandsfähiger Grasnarbe als bevorzugte anpassbare Bauweise
- **Verstärkte Erosionen** - Erhalt und Entwicklung **natürlicher und naturnaher Küstenschutzelemente** wie Dünen und Salzwiesen und deren **Ökosystemleistung** als wesentliche Bestandteile des Küstenschutzsystems
- Wo möglich Nutzung des „**Bauen mit der Natur**“ Konzeptes zum Schutz sandiger Küsten gegen verstärkte Erosion – zukünftig erhöhte Bedarfe



# Anpassungsstrategie im Küstenschutz

## Raumbezogene Maßnahmen

- Langfristige **Freihaltung von Planungsräumen** für den Küstenschutz **Binnen- und Außendeichs** für zukünftige Deichbaumaßnahmen insbesondere auch in Siedlungsbereichen (NDG, Raumordnung; BRPH)
- **Freihaltung gewidmelter Schutzdünen** zur Gewährleistung von an morphologische Entwicklungen angepassten Küstenschutzmaßnahmen
- **Flächensicherung** für die Weiterentwicklung und Klimaanpassung von Schutzdeichsystemen
- Raumordnerische Sicherung der für den Küstenschutz erforderlichen **Flächen für die Klei- und Sandgewinnung** (LROP, RROP), **küsten- und naturschutzverträgliche Gewinnung** im Deichvorland, örtliche Potentiale (z.B. Baugebiete, unbelasteter Schlick) erschließen
- **Integration** der Küstenschutzstrategie in die Raumordnung und Bauleitplanung - BRPH-Umsetzung



Vorranggebiete Kleigewinnung LK Wesermarsch



Salzwiesenrenaturierung und Kleigewinnung Leybucht



## Anpassungsstrategie im Küstenschutz

### Forschung und Kooperation

- Schließung **wissenschaftlichen Kenntnisdefizite** durch zielgerichtete adäquate Forschung NLWKN-intern und in Kooperation mit anderen Forschungseinrichtungen
- **Bund-Länder Forschungsförderung** im Rahmen des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI)
- **Abstimmung zwischen den Küstenländern** zu Anpassungsstrategien (LAWA-AH) einschließlich Einbindung in die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
- **Internationale Kooperation** der Fachverwaltungen im Küstenschutz an der Nordseeküste als Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung







# Anpassungsstrategie im Küstenschutz

## Zusammenfassung

- Die **Niedersächsische Küstenschutzstrategie** ist langfristig und vorsorgend ausgerichtet
- Die Auswirkungen des Klimawandels sind mit **großen Unsicherheiten** versehen
- **Flexible und nachhaltige Anpassung im Küstenschutz**
  - Niedersächsische Küstenschutzstrategie
  - Küstenschutz- und Schutzdeichsystem
  - Niedersächsischer Klimadeich
  - ökosystembasierter Küstenschutz und Bauen mit der Natur
- Der **Schutz** der Küstengebiete gegen **Überflutung und Erosion** kann über die **Generalplanung Küstenschutz als Küstenschutzstrategie** und deren Umsetzung durch **nachhaltige Maßnahmen** auch vor dem Hintergrund des Klimawandels sichergestellt werden
- **Herausforderungen** bilden:
  - Flächenverfügbarkeiten
  - zeitintensive Genehmigungs- und Abstimmungsprozesse
  - Ressourcen (Finanzierung, Fachpersonal)



**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**