

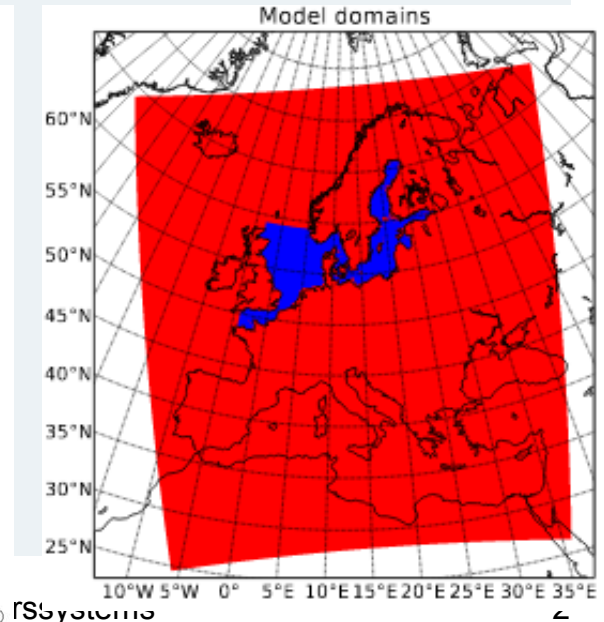
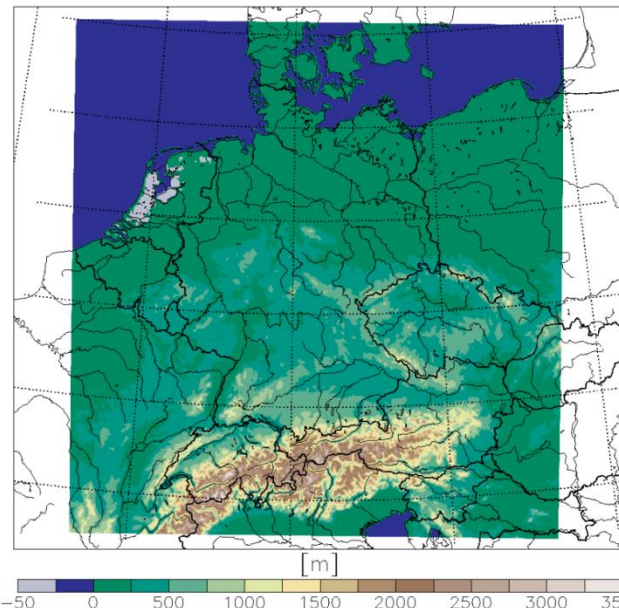
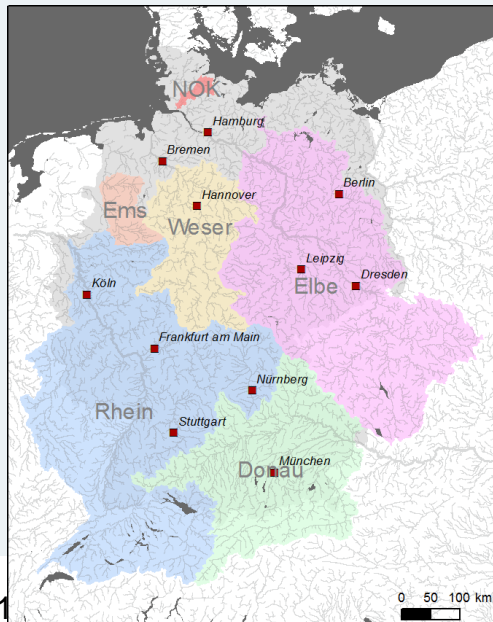
Daten und Produkte des Themenfeldes 1 „Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen“



Dr. Susanne Brien (Deutscher Wetterdienst)

Überblick verwendete Klimadaten (I)

Gebiet	Binnen		Küste
Betrachtungsgegenstand	Aufbereitete regionale Klimamodelle	Hochaufgelöste Klimasimulation	gekoppelte regionale Ozean-Atmosphäre-Modelle
Verwendete Modelle	RCM-Ensemble aus EURO-CORDEX und ReKlies-DE	COSMO-CLM Version 4.8 (INT2LM Version 1.19)	Ensemble gekoppelter Modelle
Klimaszenario	RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5	RCP 8.5	RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5
Untersuchungsgebiet	Deutschland und Flusseinzugsgebiete	COSMO-DE+	Küstengebiete Nord- und Ostsee



Überblick verwendete Klimadaten (II)

Gebiet	Binnen		Küste
Betrachtungsgegenstand	Aufbereitete regionale Klimamodelle	Hochaufgelöste Klimasimulation	gekoppelte regionale Ozean-Atmosphäre-Modelle
Zeiträume verfügbarer Daten	<u>Beobachtungen</u> Raster/HYRAS: 1951–2015	TRY-Basisdatensatz (Auflösung: 1km ² , h): 1995–2012	Nord-Ostseeklimatologie Atmosphäre: 1950-2015 Ozean: 1873-2015
	<u>Reanalysen</u> : COSMO-REA6: 1995-2015 (EURO-CORDEX Domain; Auflösung 6km, h)		
	<u>Klimamodelle</u> : <ul style="list-style-type: none"> Historische Läufe für 1951–2005 (z.T. späterer Start [z.B. 1970]); Szenarioläufe für 2006–2100 möglich (z.T. früheres Ende [z.B. 2099] od. nur für Teilzeiträume simuliert) 		
Ausgewertete Zeitscheiben bzw. Zeiträume	1971–2000: Historischer Lauf, Evaluierungslauf, Bezugszeitraum (für Bias-Adjustierung und Änderungssignale)		
	2031–2060: Nahe Zukunft (2021–2050 als Vergleich zu anderen Analysen) 2071–2100: Ferne Zukunft		
Auswertungen für den Gesamtzeitraum (1951–2100 bzw. 1971–2060) z.B. über gleitende 30-jährige Mittel oder die Anwendung des Kernschätzerverfahrens			

Überblick verwendete Klimadaten (III)

Gebiet	Binnen		Küste
Betrachtungsgegenstand	Aufbereitete regionale Klimamodelle	Hochaufgelöste Klimasimulation	gekoppelte regionale Ozean-Atmosphäre-Modelle
Horizontale und zeitliche Auflösung	Ca. 5 km (Regionalisierung von 12 km Simulationen) Tagesdaten	Ca. 2,8 km; 1 h, 6 h, Tagesdaten	Ozean: ca. 3,7 bis 13 km Atmosphäre: 12-24 km 1 h, 6 h, Tagesdaten
Bias-Adjustierung	Ja, multivariate Adjustierung sowie univariates Quantil-Mapping für den Niederschlag	Ggf., bei Vorliegen entsprechender Referenzfelder	Nur über dem Binnenland, da über dem Ozean qualitativ hochwertige Referenzfelder fehlen
Ausgabewariablen, berechnete Indizes und Auswertemethoden	Temperatur (Mittel, Min., Max.), Niederschlag, rel. Luftfeuchte, Globalstrahlung, Wind (mittlere Geschwindigkeit, Richtung), ggf. Luftdruck Berechnung verschiedener Klimakennwerte und kombinierter Indizes Ggf. extremwertstatistische Auswertungen	Generell wie für die gröber aufgelösten RCMs (linke Spalte) weitere Variablen verfügbar	Windgeschwindigkeit und -richtung, Wasserstand (Häufigkeitsverteilungen, Perzentile, Indizes, Extremwertstatistik) Indizes für Vorfeuchte und Ereignisniederschlag Wetterlagen über der Nordsee

Binnen (DWD): Ensemble regionaler Klimamodelle

→ EURO-CORDEX, ReKliEs-de

Küste (BSH): Regionale gekoppelte Ozean-Atmosphäre-Modelle

→ MPI HH und SMHI



Abflussprojektionen und –szenarien (BfG)

→ Ableitung hydrologischer Information unter Nutzung des Wasserhaushaltsmodells LARSIM ME



Hydrodynamische Kenngrößen (BAW)

→ unter Nutzung hydrodynamischer Modelle UNTRIM und TELEMAC-2D für Fokusgebiete Deutsche Bucht, Tideelbe, Niederrhein

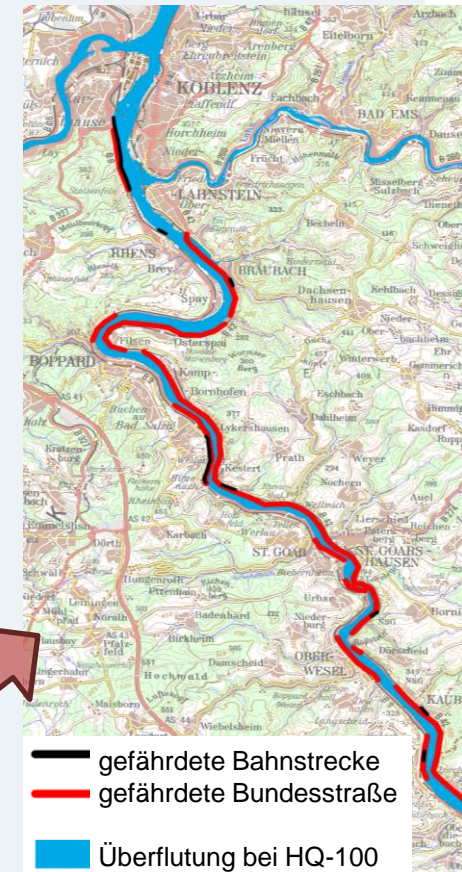
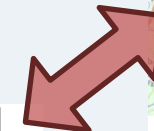
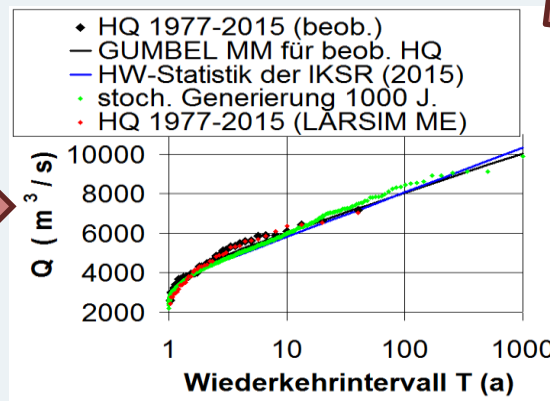
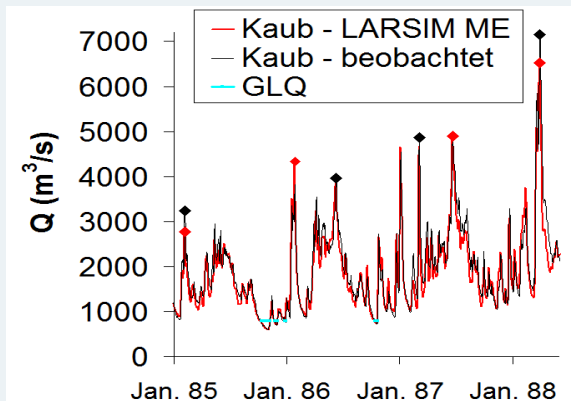
Abflussprojektionen und -szenarien

Ableitung hydrologischer Information aus:

- Beobachtungen / Projektionen / Szenarien
- Statistische / stochastische Analyse
- Abflusssimulation (LARSIM ME)
- Regionalisierung und hydraulischen Berechnungen

Bereitstellung von Planungsgrundlagen als:

- Abfluss-/ Wasserstandsreihen (langfristig, charakteristische Jahre, Ereignisse)
- Kenngrößen (Abfluss, Dauer, Häufigkeit etc.)



Zusätzliche Informationen zu den Daten/Produkten des Expertennetzwerks

- Abstimmung von Analysezeiträumen, Szenarien, Referenzdatensätzen, Klimaprojektionsensemble, etc.
 - Zeiträume (1951–2100): Bezugszeitraum: 1971–2000, Zukunft: 2031–2060 und 2071–2100
 - Klimaszenarien (RCP=Repräsentative Konzentrationspfade):
RCP2.6 („2-Grad-Ziel“), RCP4.5 und RCP8.5 („Weiter-wie-bisher“)
 - Verkehrsszenarien basierend auf der Bundesverkehrswegeplanung:
Referenz (2010) / Zielnetz (2030)
 - Ensembleanalyse für jedes RCP unter Darstellung der Bandbreite (15. und 85. Perzentil)
- **Wichtige Grundlage für die Klimawirkungsanalyse**

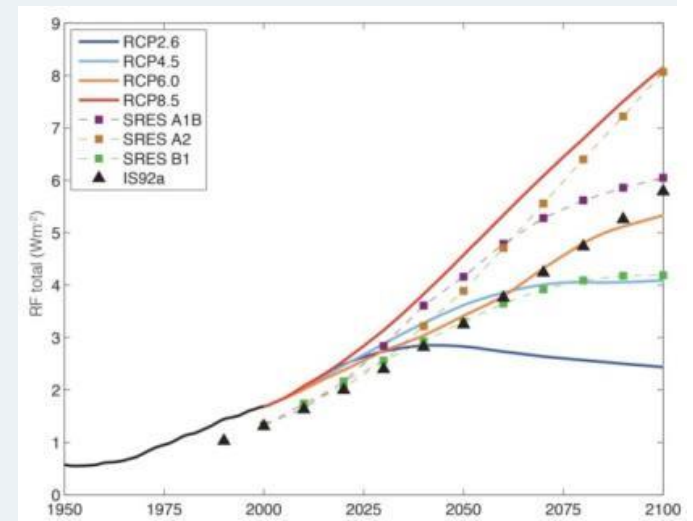
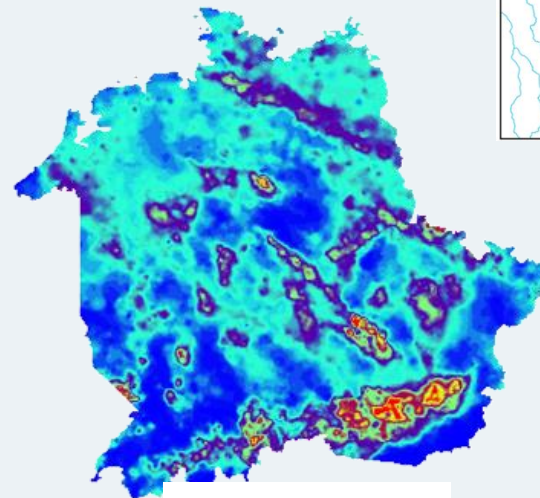
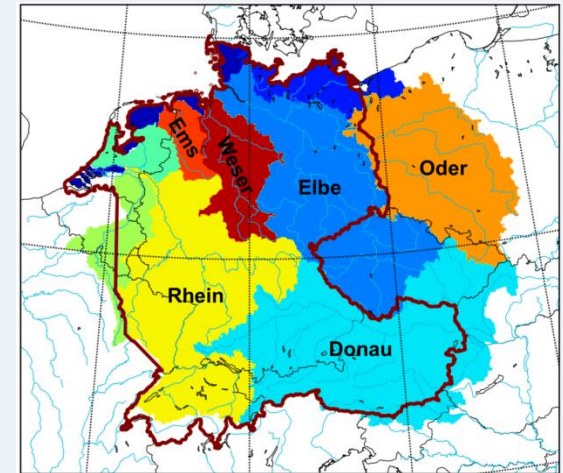
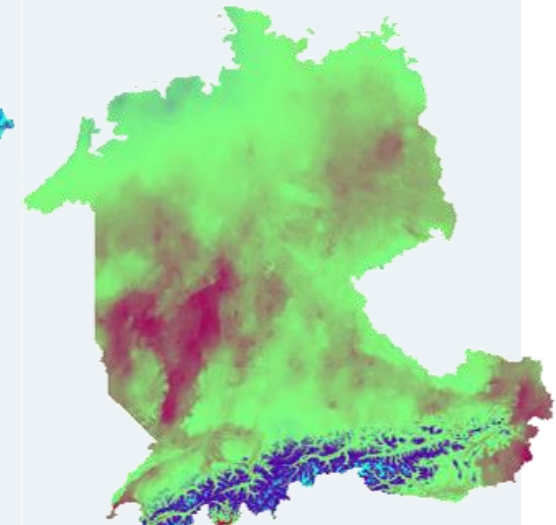


Abb. 1.15 aus IPCC (2013)

- **HYRAS: HYdrologische RASterdaten**
 - Stationsbeobachtungen aus Deutschland und Nachbarländern
 - Interpolation (Hintergrundfeld + Residuenfeld)
- **Vorhandene Variablen**
 - Niederschlag
 - Temperatur (Mittel, Minimum und Maximum)
 - Relative Feuchte
 - Globalstrahlung
- **Zeitliche Auflösung**
 - Tagesdaten
 - 1951 bis 2015
- **Räumliche Auflösung**
 - 5 km x 5 km Auflösung



Niederschlag
(HYRAS-PRE)

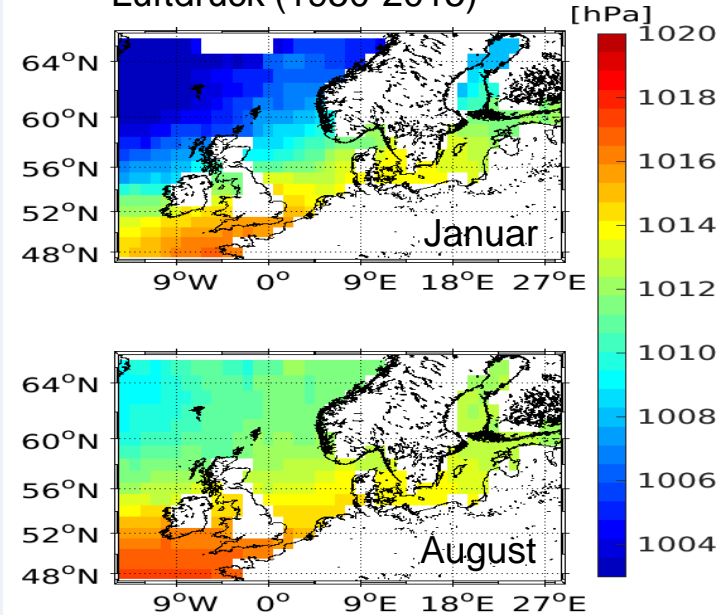


Tagesmitteltemperatur
(HYRAS-TAS)

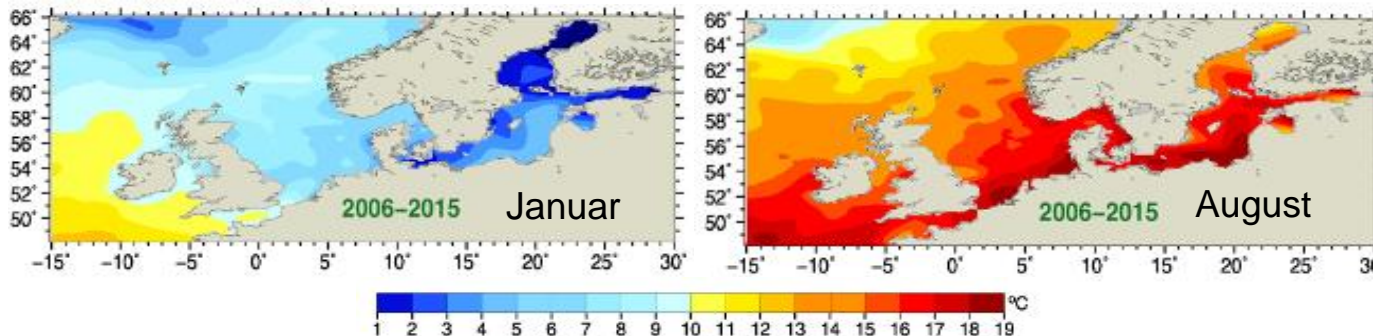
Ost- und Nordseeklimatologie (BNSC)

- gemeinsam mit der Uni Hamburg (ICDC)
- Rasterdaten in 1° räumlicher Auflösung (Atmosphäre), respektive 0,25° (Ozean)
- Zeitliche Auflösung: Monats-, Jahres, 30-Jahres mittel, dekadisch optimal interpoliert (nur Ozean)
- Zeitraum: 1950-2015 für die Atmosphäre, 1873-2015 für den Ozean
- Variablen: Luftdruck, Lufttemperatur, Taupunkt, Wassertemperatur, Salzgehalt

Luftdruck (1950-2015)



Wassertemperatur (2006-2015)



Klimaprojektionsensemble Binnen

RCP 2.6
RCM = 11
ESD = 4

RCP 4.5
RCM = 12
ESD = 0

RCP 8.5
RCM = 21
ESD = 6

CORDEX	CCLM (RCM)			HIRHAM5 (RCM)			RACMO (RCM)			RCA4 (RCM)			REMO (RCM)			WRF (RCM)			EPISODES (ESD)			STARS3 (ESD)			WR13 (ESD)					
	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85			
ReKliEs-De																														
DWD	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85	26	45	85
CanESM2			r1												r1				✗	✗	✗				✗					r1
CNRM-CM5	✗	✗	✗							✗	✗	✗			✗				✗	✗	✗				✗					r1
EC-EARTH	r1 2	r1 2	r1 2	✗	✗	✗	r1 2	r1 2	r1 2	r1 2	r1 2	r1 2			r1 2			r1 2	✗	r2 r12	✗	✗	r2 r12	✗	r1 2		✗			r1 2
HadGEM2-ES		r1	r1			✗	r1	r1	r1	r1	r1	r1			r1			r1							r1		✗			r1
IPSL-CM5A-MR											r1	r1						✗	✗	✗										
MIROC5	r1		r1												r1												✗			r1
MPI-ESM-LR	r1	r1	r1							r1	r1	r1	r1 r2	r1 r2	r1 r2	r1		r1	✗	✗	✗	✗	✗	✗	r1		✗	r1		r1
NorESM1-M				✗	✗	✗													✗	✗	✗									

Gekoppelte Läufe

RCP 26 RCM = 4	RCP 45 RCM = 8	RCP 85 RCM = 8
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

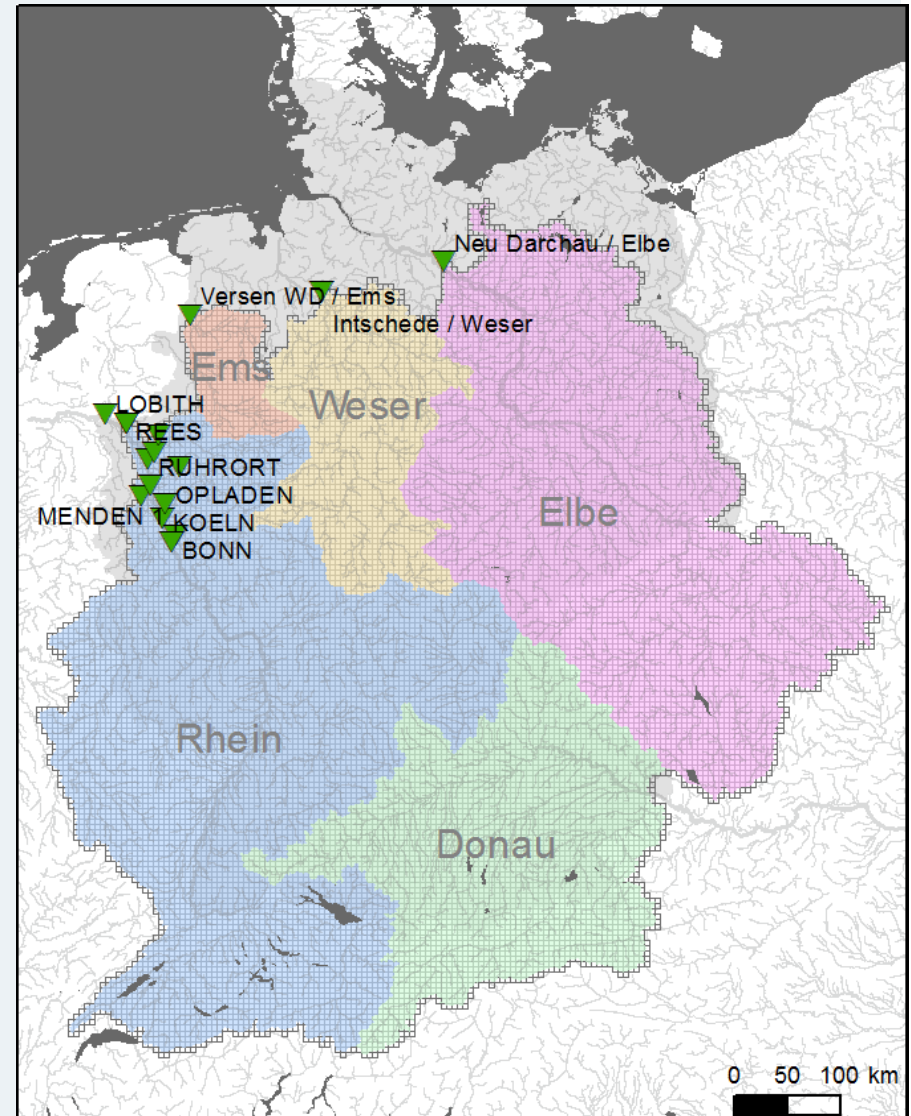
	RCA4 - NEMO (RCM)			REMO - MPIOM (RCM)		
	26	45	85	26	45	85
GFDL-ESM2M	r1	r1	r1			
EC-EARTH	r1	r1	r1			
HadGEM2-ES	r1	r1	r1			
IPSL-CM5A-MR		r1	r1			
MPI-ESM-LR	r1	r1	r1		r1-r3	r1-r3

- Durchführung einer Bias-Adjustierung und der Regionalisierung auf das HYRAS-Raster (ca. 5 km x 5 km)
- Für alle Modelle des Binnen- und Küstenensembles über dem Binnenbereich durchgeführt
- Mittel-, Minimum- und Maximumtemperatur sowie relative Luftfeuchte (Taupunktstemp.) werden multivariat adjustiert (Quantile Mapping)
- Niederschlag wird mittels Quantile Mapping univariat adjustiert
- Adjustierung der Globalstrahlung mittels Linear Scaling
- Test der Referenzdatensätze (COSMO-REA6) und Implementierung der Bias-Adjustierung für den Wind und den Luftdruck laufen

Auswahl von Pegeln für bestimmte Anwendergruppen:

- Pegelkollektiv "Hydrologie,, (Pegel zur Beschreibung von Änderungen der hydrologischer Regime in Deutschland) → für die Wasserwirtschaft
- Pegelkollektiv "Schifffahrt, Wasserstraße" → relevant für Schifffahrtsbetreibende und das Wasserstraßenmanagement
- Pegelkollektiv "BAW" → Antriebsdaten für hydrodynamische Modelle

Pegelpunkte des Datenkollektivs „BAW“



- Hydrologische Größen: Abfluss, Durchfluss
- Hydrodynamische Größen: Wasserstand, Wassertiefe, Wasserspiegellage bzw. Strömungsgeschwindigkeit
- Stundenwerte für ausgewählte Pegel / Anwendungen
- „1000 Jahre“ → Verlängerung der Abflussreihen durch stochastische Simulation für extremwertstatistische Analysen
- "Wasserhaushalt,, → DAS-Indikatoren "Grundwasserneubildung", "Abflusshöhe" und "Differenz zwischen Wasserdargebot und genutztem Prozesswasser,,
- "Typisches Jahr,, → für spezifische Simulationen der BAW
- "Extremes Jahr,, → für Sensitivitätsbetrachtungen (bei rechenintensiven Modellen)

Hydrolog. Kennwerte / Indikatoren

Abflussbereich	Kennwert	Anwendungsbereich
Mittelwasser	MQ_{Jahr}	Wasserwirtschaft
	MQ_{Halbjahr}	
	MoMQ	
	Parde-Koeffizienten	
Niedrigwasser	$NM7Q_{\text{Jahr}}$	Schifffahrt, Wasserstraßenmanagement inkl. Ökologie
	$SumD_{\text{Jahr}}$ (GIQ, Schiffsgrößenbezogene Schwellenwerte)	
	$MaxD_{\text{Jahr}}$ (GIQ, Schiffsgrößenbezogene Schwellenwerte)	
Hochwasser	$HM5Q_{\text{Jahr}}$ (robuster als HQ)	SP-103, Bundesländer, BASt, EBA
	$SumD_{\text{Jahr}}$ (HSQ, ggf. weitere Schwellenwerte BASt und EBA)	
	$MaxD_{\text{Jahr}}$ (HSQ, ggf. weitere Schwellenwerte BASt und EBA)	
	HQ100 (Änderungen Jährlichkeit)	

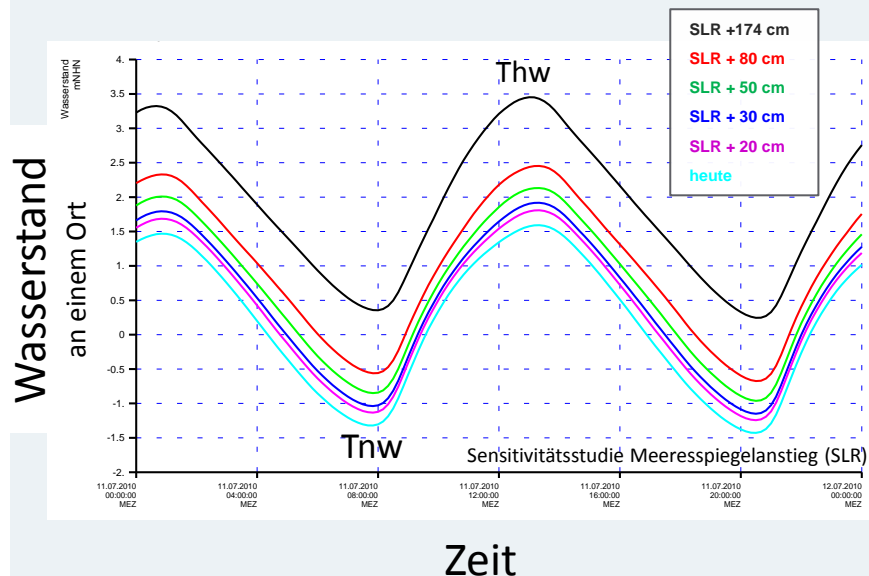
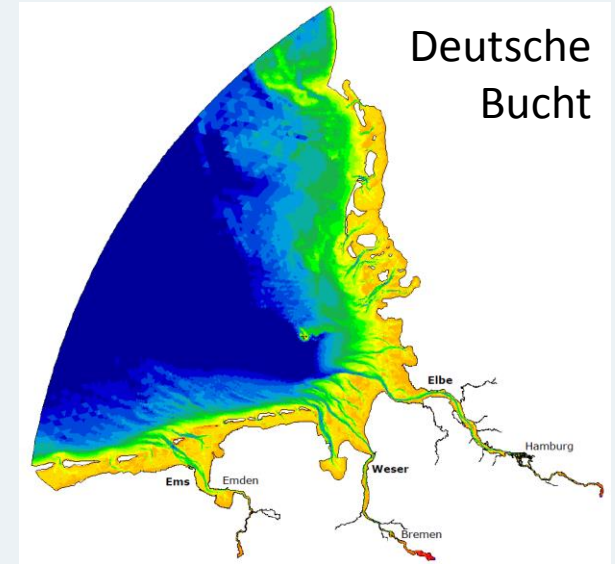
Hydrodynamische Kenngrößen

Ableitung hydrodynamischer Informationen mithilfe:

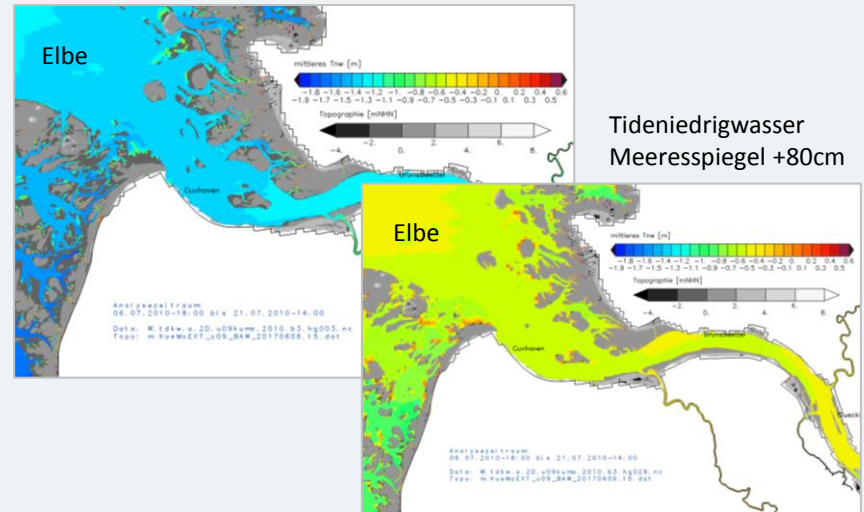
- hydrodynamischer Simulationen (UNTRIM)

Bereitstellung von Planungsgrundlagen als:

- Kenngrößen [z.B. Tidehochwasser (Thw), Tideniedrigwasser (Tnw), Maximale Strömungsgeschwindigkeit]



Tideniedrigwasser heute

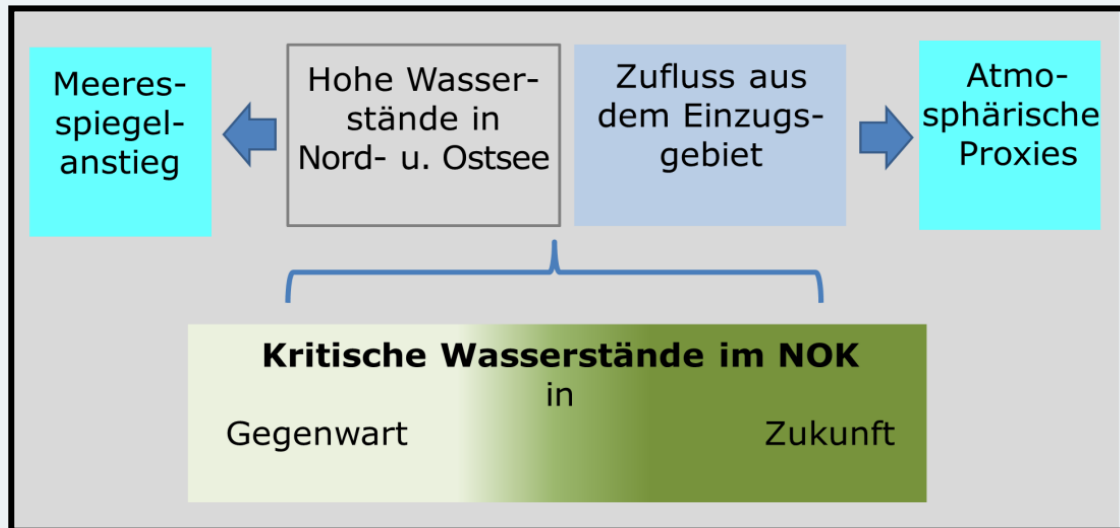


Fallstudie Nord-Ostsee-Kanal (NOK)

ExpN: BSH liefert Wasserstände der Nord- und Ostsee aus Messungen (Vergangenheit) und Projektionen für die Zukunft

WSV-Auftrag: BFG berechnet Zufluss in den Kanal und nutzt Wasserstände in Nord- und Ostsee als Randwerte zur Berechnung der Kanalwasserstände

BSH wertet Projektionen für zukünftigen Anstieg des Meeresspiegels aus



BSH testet Proxies zur Abschätzung des Zuflusses und vergleicht sie mit Ergebnissen aus dem Kanalmodell

Gemeinsame Untersuchung durch BSH und BFG

- Konvektionserlaubende Klimaprojektionen mit dynamischem Downscaling für Deutschland und Mitteleuropa, basierend auf EURO-CORDEX
- Test eines Verfahrens zum statistischen Downscaling von einem EURO-CORDEX Member für den historischen Zeitraum 1971-2000
- Anwendung des statistischen Downscaling-Verfahrens auf das EURO-CORDEX Ensemble für die Erstellung eines hochauflösenden Klimaprojektionsensembles
- Beitrag zur Klimawirkungsanalyse von Stürmen

