Auswirkungen des Klimawandels – Zukünftige Entwicklung

In der Tabelle sind mögliche Änderung von Temperatur, Niederschlag und Wind für die Nord- und Ost-see relativ zum Zeitraum 1961-1990. dargelegt. Als Datenbasis dient der Norddeutsche Klimaatlas [1], der auf mehr als 120 regionalen Klimaszenarien verschiedener Forschungsprojekte beruht.

		NAHE ZUKUNFT (2036-2065)			FERNE ZUKUNFT (2071-2100)		
		Kleinste Änderung | größte Abnahme	Mittlere Änderung	Größte Zunahme	Kleinste Änderung | größte Abnahme	Mittlere Änderung	Größte Zunahme
NORDSEE							
Angaben pro Jahr	Durchschnittliche Temperatur in °C	+0,9	+1,8	+3,0	+0,9	+2,7	+5,0
	Heiße Tage[1]	0	+2	+16	0	+4	+26
	Eistage[2]	-2	-8	-24	-3	-10	-28
	Niederschlag in % – Sommer	-25	0	+34	-48	-7	+58
	Niederschlag in % – Winter	-3	+14	+28	0	+22	+46
	Starkregentage[3]	0	+1	+4	0	+2	+7
	Längste Trockenperiode[4]	-3	0	+9	-4	+1	+15
	Sturmintensitäten in % im Winter[5]	-5	+1	+11	-7	+2	+9
	Sturmtage[6]	-9	+1	+14	-10	+1	+14
OSTSEE							
Angaben pro Jahr	Durchschnittliche Temperatur in °C	+1,0	+1,9	+3,0	+1,0	+2,9	+5,2
	Heiße Tage[1]	0	+2	+18	0	+6	+32
	Eistage[2]	-4	+12	-36	-4	-15	-42
	Niederschlag in % – Sommer	-26	+3	+30	-44	-2	+55
	Niederschlag in % – Winter	-2	+14	+27	+4	+21	+44
	Starkregentage[3]	0	+1	+3	0	+1	+5
	Längste Trockenperiode[4]	-3	0	+11	-3	+1	+18
	Sturmintensitäten in % im Winter[5]	-4	+2	+11	-8	+3	+10
	Sturmtage[6]	-6	+1	+12	-7	+2	+14

1 Anzahl der Tage, an denen die Maximaltemperatur mindestens einmal am Tag 30 °C erreicht (T_{max} >= 30 °C)
2 Anzahl der Tage, an denen die maximale Lufttemperatur nicht über 0 °C steigt (T_{max} < 0 °C)
3 Anzahl der Tage, an denen der gefallene Niederschlag (Schnee + Regenwasser) mindestens 20 mm beträgt
4 Folge von zusammenhängenden Tagen mit einem Tagesniederschlag von unter 1 mm
5 Maximaler Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe
6 Anzahl der Tage, an denen die maximale Windgeschwindigkeit 62 km/h (Beaufort-Skala 8 = stürmischer Wind) überschreitet (v_{max} > 62 km/h)

HSB Hochschule Bremen City University of Applied Sciences Architektur, Bau und Umwelt
IWA Institut für Wasserbau Hochschule Bremen
Gefördert durch: bremenports Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Luft- und Wassertemperatur

- Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird eine Zunahme der mittleren jährlichen Meeresoberflächentemperatur von 1-3 °C für die deutsche Nordsee und 3-4 °C für die deutsche Ostsee projiziert [2].
- Trotz zunehmender Luft- und Wassertemperaturen, was grundsätzlich auf eine „Abnahme der Eisbedeckung und eine Zunahme milder Eiswinter hindeutet“ [3], können Kaltlufteinbrüche vom Nordpol nach Europa durch den Klimawandel begünstigt werden [4].

Niederschlag

- Niederschlagsmengen konvektiver Ereignisse, d. h. Schauer und Gewitter, können aufgrund des Klimawandels überproportional zunehmen, da es durch die geänderten meteorologischen Bedingungen „zu einer Intensivierung der wolken- und niederschlagsbildenden Prozesse kommt“ [5].
- Es bleibt zu untersuchen, wie die Einflussfaktoren der Niederschlagsbildung sowie die großräumigen Wetterlagen, welche ebenfalls das Niederschlagsgeschehen beeinflussen, durch den Klimawandel beeinträchtigt werden [6].

Wind

- In einer Literaturstudie über die Änderung der Sturmaktivität in Nordwesteuropa ist in der Mehrzahl der Studien für die Nordsee eine Zunahme der Sturmhäufigkeit und -intensität und für die Ostsee eine Zunahme der Sturmintensität bis zum Ende des 21. Jahrhunderts festgestellt worden. Für die Ostsee kann auf Basis der Studie über die zukünftige Änderung der Sturmhäufigkeit keine klare Aussage getroffen werden. [7]
- Die Angaben im Norddeutschen Klimaatlas zeigen jedoch zukünftig sowohl eine mögliche Zunahme als auch eine mögliche Abnahme von Sturmhäufigkeit und Windgeschwindigkeit (Tabelle 1).
- In einigen Studien zeigt sich eine Zunahme der Häufigkeit von starken Winden aus westlicher Richtung für die Nordsee ([8], [9]) und eine Zunahme der Häufigkeit von Westwindlagen für die Ostsee [10].

Unwetter

- Schwere Unwetter können mit Starkwindereignissen, Hagel und Tornados einhergehen. Klimamodelle zeigen eine Zunahme der thermischen Instabilität aufgrund eines zunehmenden Feuchtegehalts der Atmosphäre, wodurch die Bedingungen zur Entstehung von schweren Unwettern begünstigt werden. [11]
- Die Ableitung von auf diesen Erkenntnissen beruhenden Aussagen über die zukünftige Häufigkeit einzelner unwetterbedingter Ereignisse wie Starkwind, Hagel und Tornados ist jedoch noch unklar [11].
- Basierend auf einem Ensemble von 14 regionalen Klimamodellen konnte, selbst bei einem starken Anstieg der Treibhausgaskonzentration bis zum Ende des 21. Jahrhunderts, zwar eine Zunahme der Unwettergefahr für Teile Europas, jedoch keine oder nur eine geringe Änderung der Unwettergefahr für die norddeutsche Küste festgestellt werden [12].
- Hinsichtlich des Auftretens von Nebel ist bei steigenden Lufttemperaturen eher von einer Abnahme der Nebelhäufigkeit auszugehen, da wärmere Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann [13].

HSB Hochschule Bremen City University of Applied Sciences Architektur, Bau und Umwelt
IWA Institut für Wasserbau Hochschule Bremen
Gefördert durch: bremenports Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Meeresspiegel

Die Tabelle veranschaulicht die mögliche Änderung des mittleren globalen sowie des regionalen Meeresspiegels an der deutschen Ost- bzw. Nordseeküste relativ zum Zeitraum 1986-2005 auf Basis der im IPCC-Sonderbericht *Ozean und Kryosphäre* [14] veröffentlichten Daten für die Szenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5.

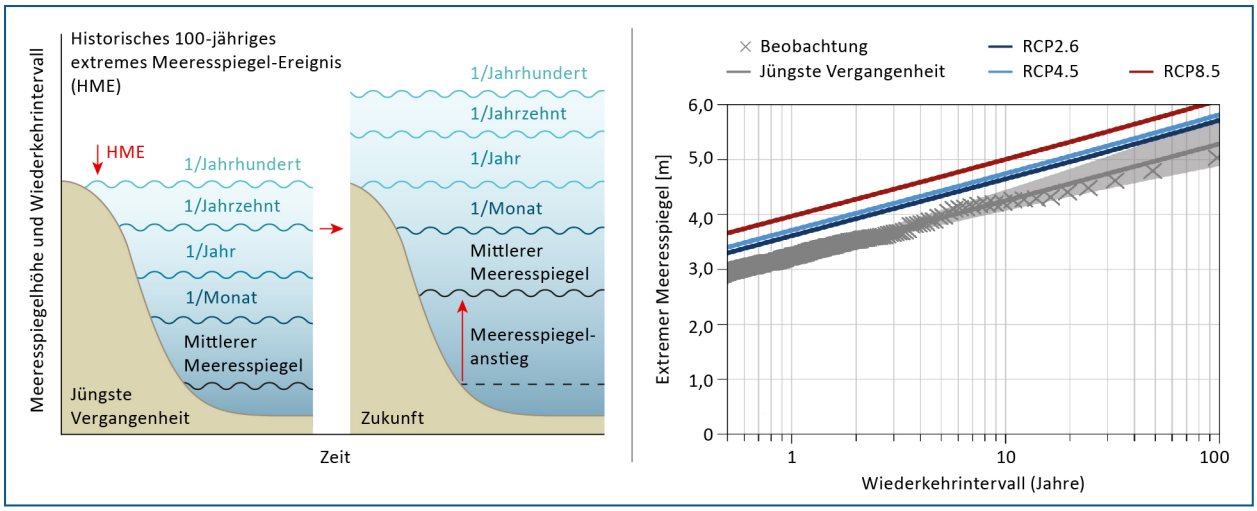
Anstieg des mittleren Meeresspiegels [m]

	2046-2065		2081-2100		2100	
Szenario	Mittelwert	Spannweite[1]	Mittelwert	Spannweite[1]	Mittelwert	Spannweite[1]
	GLOBAL					
RCP2.6	0,24	0,17 - 0,32	0,39	0,26 - 0,53	0,43	0,29 - 0,59
RCP4.5	0,26	0,19 - 0,34	0,49	0,34 - 0,64	0,55	0,39 - 0,72
RCP8.5	0,32	0,23 - 0,40	0,71	0,51 - 0,92	0,84	0,61 - 1,10
	NORDSEE[2]					
RCP2.6	0,25	0,08 - 0,43	0,38	0,12 - 0,64	k. A.	
RCP4.5	0,28	0,11 - 0,45	0,48	0,21 - 0,75		
RCP8.5	0,34	0,16 - 0,53	0,72	0,41 - 1,04		
	OSTSEE[2]					
RCP2.6	0,19	0,02 - 0,36	0,29	0,03 - 0,54	k. A.	
RCP4.5	0,22	0,05 - 0,39	0,38	0,12 - 0,65		
RCP8.5	0,27	0,10 - 0,45	0,62	0,31 - 0,95		

1 Spannweite: 17-83 % Wahrscheinlichkeit
2 Mittelwert des Bereichs, der die deutsche Nord- bzw. Ostseeküste deckt (Datengrundlage [14])

- In der Nordsee können zukünftige Anstiegsraten aufgrund der postglazialen Landsenkung höher als der globale Meeresspiegelanstieg ausfallen, wohingegen in der Ostsee der zukünftige Meeresspiegelanstieg in der Größenordnung des globalen mittleren Anstiegs liegen kann [15].
- Auf Basis von Experteneinschätzungen kann ein globaler Meeresspiegelanstieg von 2 m im Jahr 2100 nicht ausgeschlossen werden [14].
- Aufgrund der Trägheit des Systems wird sich der Meeresspiegelanstieg auch über das Jahr 2100 hinweg fortsetzen. Der globale Meeresspiegelanstieg kann 0,60-1,07 m (RCP2.6) bzw. 2,30-5,40 m (RCP8.5) im Jahr 2300 betragen. [14]
- Langfristig könnte der Kollaps des marinen Eisschildes der Antarktis einen substanziell höheren Beitrag zum Meeresspiegelanstieg leisten als in den aktuellen Projektionen angenommen. Aussagen hierüber sind jedoch noch von großer Unsicherheit geprägt, da die entsprechenden Modelle die Prozesse derzeit nicht realistisch abbilden. [14]
- Ein höherer Meeresspiegel führt zu einem häufigeren Auftreten von Sturmflutwasserständen, da diese ein höheres Ausgangsniveau vorfinden, mit der Konsequenz, dass diese extremen Wasserstände, welche heute statistisch gesehen beispielsweise 1-mal in 100 Jahren vorkommen, in der Zukunft unter allen RCP-Szenarien häufiger auftreten werden. [14]

HSB Hochschule Bremen City University of Applied Sciences Architektur, Bau und Umwelt
IWA Institut für Wasserbau Hochschule Bremen
Gefördert durch: bremenports Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Links: Generelle Änderung des Wiederkehrintervalls extremer Wasserstände durch den Meeresspiegelanstieg
Rechts: Pegel Cuxhaven, hier: 2081-2100 im Vergleich zu 1986-2005, Abbildung nach [14]

Seegang

- Eine Auswertung von 91 Studien globaler und regionaler Projektionen deutet darauf hin, dass zukünftig mit einer Zunahme der mittleren signifikanten Wellenhöhe für die Ostsee (alle Szenarien und Jahreszeiten) zu rechnen ist. Für die östliche Nordsee sind den Studien zufolge je nach Klimaszenario Zunahmen (SRESA1B) als auch Abnahmen (RCP8.5) möglich. [16]
- Im Bereich der extremen Wellenhöhen zeigt die Auswertung je nach Klimaszenario sowohl für Nord- und Ostsee Zu- als auch Abnahmen. Dabei sind die Unsicherheiten größer als die zukünftigen Änderungen [16].
- Die Studienlage für weitere Seegangsparameter wie Wellenrichtung und -periode ist derzeit mangelhaft [16].

Sturmflut/Tide

- Der Anstieg des Meeresspiegels übersteigt mit zunehmendem Anstieg die Änderungen des Tidehochwassers sowie die meteorologischen Anteile aus Wind [17].
- Umfassende Projektionen, welche die Änderung des regionalen Meeresspiegels sowie den Einfluss von Tiden, Seegang, Windstau und deren Interaktionen, mögliche Änderungen von Wellenperiode und -höhe sowie von Frequenz und Intensität von Sturmfluten berücksichtigen, stehen noch aus [14].
- In den Nordsee-Ästuaren (Elbe, Ems, Jade, Weser) werden eine Verstärkung des Tidenhubs sowie des strom-aufgerichteten Sedimenttransports durch einen Meeresspiegelanstieg begünstigt [18].

Salz-/Säuregehalt

- Durch die veränderten Niederschlags- und Verdunstungsraten kommt es zu einer Änderung des Salzgehalts der Ozeane. Für Nord- und Ostsee wird eine Abnahme des Salzgehalts prognostiziert [19], [20].
- Der Säuregehalt der Ozeane nimmt zu, da das zusätzliche atmosphärische CO_2 teilweise in den Ozeanen gespeichert wird. Im Falle des RCP8.5-Szenarios ist eine Änderung des pH-Werts um -0,3 bis zum Ende des 21. Jahrhunderts möglich (2081-2100 relativ zu 2006-2015). [14]

HSB Hochschule Bremen City University of Applied Sciences Architektur, Bau und Umwelt
IWA Institut für Wasserbau Hochschule Bremen
Gefördert durch: bremenports Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Weiterführende Informationen

Klimadaten – Projektionen für die Zukunft

Norddeutscher Klimaatlas, https://norddeutscher-klimaatlas.de

Küstenschutzbedarfe, https://www.kuestenschutzbedarf.de

Deutscher Klimaatlas (DWD), https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html

DWD Klimareport (national, teilweise Bundesländer), https://www.dwd.de/DE/leistungen/nationalerklimareport/report.html

GERICS – Bundesländer – Check, https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/maps_visualisation/check/index.php.de

Climate Analytics - local sea level rise (international) http://localslr.climateanalytics.org/location/Cuxhaven%202

International Panel on Climate Change (IPCC, international), https://www.ipcc.ch

European Environment Agency (EEA, international), https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators#c0=30&c12-operator=or&b_start=0

Deltares – European Coastal Storm Surge for Copernicus Climate Change Services, https://www.deltares.nl/en/projects/european-coastal-storm-surge-copernicus-climate-change-services

Wissenschaftliche Zusammenfassungen zum aktuellen Wissensstand

Deutschland, inklusive Küste:

Brasseur, G. P.; Jacob, D.; Schuck-Zöller, S. (2017): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

LAWA (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft: Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder 2020. Bund-/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Online verfügbar unter https://www.lawa.de/documents/lawa-klimawandel-bericht_2020_1618816705.pdf.

Nordsee:

Colijn, F.; Quante, M. (2016): North Sea Region Climate Change Assessment. Regional Climate Studies. Cham: Springer. Online verfügbar unter https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-39745-0.

Hamburg, inklusive Deutsche Bucht, Tideelbe & Lübecker Bucht:

Storch, H. von; Meinke, I.; Claußen, M. (2018): Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. Online verfügbar unter https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-662-55379-4.

Ostsee:

The BACC II Author Team (2015): Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Cham: Springer.

International:

EnviCom - Task Group 3 Climate Change and Navigation (2008): Waterborne transport, ports and waterways: A review of climate change drivers, impacts, responses and mitigation. Hg. v. PIANC. Belgium. Online verfügbar unter https://www.pianc.org/uploads/publications/reports/287223envicom-free-tg3.pdf.

IPCC (2013/ 2014): Klimaänderung 2013/2014: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Beiträge der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). International Panel on Climate Change. Bonn/Wien/Bern, 2016: Deutsche Übersetzungen durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5-wg1-spmgerman.pdf.

IPCC (2019): IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Hg. v. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, et al. In Druck. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/srocc.

HSB Hochschule Bremen City University of Applied Sciences Architektur, Bau und Umwelt
IWA Institut für Wasserbau Hochschule Bremen
Gefördert durch: bremenports Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Forschungsprojekte

BMVI-Expertennetzwerk – Ressortforschung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (Fokusgebiete Binnen und Küste, Phase I 2016-2019, Phase II seit 2020), https://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Home/home_node.html

KLIWAS - Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen (Binnen- und Seewasserstraßen in Deutschland, 2009-2013), https://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/Home/homepage_node.html

A-KÜST - Veränderliches Küstenklima – Evaluierung von Anpassungsstrategien im Küstenschutz (Niedersachsen, Weserästuar, 2009-2014), https://www.nlwkn.niedersachsen.de/fsk/fsk_forschungsprojekte/harbasins-harmonised-river-basins-strategies-north-sea-183485.html

KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten (2008-2014):

- KLIMZUG-Nord – Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg (HH, M-V, NS, S-H, Küste, Norddeutsches Tiefland), https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projektkatalog/klimzug-nord-strategische-anpassungsansaetze
- Nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten (HB, NS, Küste, Nordwestdeutsches Tiefland), https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projektkatalog/nordwest2050-perspektiven-fuer-klimaangepasste
- RADOST – regionale Anpassungsstrategien für die deutsche Ostseeküste (M-V, S-H, Küste, nordostdeutsches Tiefland), https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projektkatalog/radost-regionale-anpassungsstrategien-fuer-die

KLIMU – Klimaänderung und Unterweserregion (HB, NS, nordwestdeutsches Tiefland, Unterweserregion, 1999-2001), https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projektkatalog/klimu-klimaaenderung-unterweserregion

Autoren

Hochschule Wismar
Professur für Wasserbau und Hydromechanik
Prof. Dr.-Ing. Bärbel Koppe
baerbel.koppe@hs-wismar.de

Hochschule Bremen
Institut für Wasserbau
Dipl.-Ing. Lena Lankenau

Stand: April 2021

Referenzen

[1] Helmholtz-Zentrum Geesthacht (Hg.) (2020): Norddeutscher Klimaatlas. Online verfügbar unter https://www.norddeutscher-klimaatlas.de/, zuletzt geprüft am 17.01.2020

[2] H. von Storch, I. Meinke und M. Claußen (Hg.): Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

[3] Klein, B.; Seiffert, R.; Gräwe, U.; Klein, H.; Loewe, P.; Möller, J. et al. (2018): Deutsche Bucht mit Tideelbe und Lübecker Bucht. In: H. von Storch, I. Meinke und M. Claußen (Hg.): Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

HSB Hochschule Bremen City University of Applied Sciences Architektur, Bau und Umwelt
IWA Institut für Wasserbau Hochschule Bremen
Gefördert durch: bremenports Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

[4] Romanowsky, E.; Handorf, D.; Jaiser, R.; Wohltmann, I.; Dorn, W.; Ukita, J. et al. (2019): The role of stratospheric ozone for Arctic-midlatitude linkages. In: Scientific reports 9 (1), S. 7962. DOI: 10.1038/s41598-019-43823-1.

[5] Becker, P.; Becker, A.; Dalelane, C.; Deutschländer, T.; Junhändel, T.; Walter, A. (2016): Die Entwicklung von Starkniederschlägen in Deutschland. Plädoyer für eine differenzierte Betrachtung. Hg. v. DWD. Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160719_entwicklung_starkniederschlag_deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

[6] DWD (2020): Nationaler Klimareport. Klima - gestern, heute und in der Zukunft. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. DWD. Offenbach am Main (4. korrigierte Auflage). Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/nationalerklimareport/download_report_auflage-4.pdf?__blob=publicationFile&v=11.

[7] Feser, F.; Barcikowska, M.; Krueger, O.; Schenk, F.; Weisse, R.; Xia, L. (2015): Storminess over the North Atlantic and northwestern Europe-A review. In: Q.J.R. Meteorol. Soc 141 (687), S. 350–382. DOI: 10.1002/qj.2364.

[8] Winter, R. C. de; Sterl, A.; Ruessink, B. G. (2013): Wind extremes in the North Sea Basin under climate change. An ensemble study of 12 CMIP5 GCMs. In: J. Geophys. Res. Atmos. 118 (4), S. 1601–1612. DOI: 10.1002/jgrd.50147.

[9] Gaslikova, L.; Grabemann, I.; Groll, N. (2013): Changes in North Sea storm surge conditions for four transient future climate realizations. In: Nat Hazards 66 (3), S. 1501–1518. DOI: 10.1007/s11069-012-0279-1.

[10] Dreier, N.; Schlamkow, C.; Fröhle, P.; Salecker, D.; Xu, Z. (2015): Assessment of Changes of extreme Wave Conditions at the German Baltic Sea Coast in the Basis of future Climate Change Scenarios. In: Journal of Marine Science and Technology, 23 (6), S. 839–845. DOI: 10.6119/JMST-015-0609-3.

[11] Allen, J. T. (2018): Climate Change and Severe Thunderstorms – Oxford Research Encyclopedia of Climate Science: Oxford University Press (1).

[12] Púčik, T.; Groenemeijer, P.; Rädler, A. T.; Tijssen, L.; Nikulin, G.; Prein, A. F. et al. (2017): Future Changes in European Severe Convection Environments in a Regional Climate Model Ensemble. In: J. Climate 30 (17), S. 6771–6794. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0777.1.

[13] Klemm, O.; Lin, N.-H. (2016): What Causes Observed Fog Trends. Air Quality or Climate Change? In: Aerosol Air Qual. Res. 16 (5), S. 1131–1142. DOI: 10.4209/aaqr.2015.05.0353.

[14] IPCC (2019): The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/srocc/download-report/

[15] Weiße, R.; Meinke, I. (2017): Meeresspiegelanstieg, Gezeiten, Sturmfluten und Seegang. In: G. P. Brasseur, D. Jacob und S. Schuck-Zöller (Hg.): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

[16] Morim, J.; Hemer, M.; Cartwright, N.; Strauss, D.; Andutta, F. (2018): On the concordance of 21st century wind-wave climate projections. In: Global and Planetary Change 167, S. 160–171. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2018.05.005.

[17] Vousdoukas, M. I.; Mentaschi, L.; Voukouvalas, E.; Verlaan, M.; Feyen, L. (2017): Extreme sea levels on the rise along Europe's coasts. In: Earth's Future 5 (3), S. 304–323. DOI: 10.1002/2016EF000505.

[18] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2015): KLIWAS. Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland. Abschlussbericht des BMVI. Online verfügbar unter https://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile.

[19] Schrum, C.; Lowe, J.; Meier, H. E. M.; Grabemann, I.; Holt, J.; Mathis, M. et al. (2016): Projected Change—North Sea. In: F. Colijn und M. Quante (Hg.): North Sea Region Climate Change Assessment. Regional Climate Studies. Cham: Springer, S. 175–217.

[20] Meier, H. M. E. (2015): Projected Change - Marine Physics. In: The BACC II Author Team (Hg.): Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Cham: Springer.

HSB Hochschule Bremen City University of Applied Sciences Architektur, Bau und Umwelt
IWA Institut für Wasserbau Hochschule Bremen
Gefördert durch: bremenports Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG
Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages