



Dokumentation

Meeresspiegelanstieg und seine Auswirkungen auf die Bevölkerung

Meeresspiegelanstieg und seine Auswirkungen auf die Bevölkerung

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 085/18
Abschluss der Arbeit: 13.9.2018
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und
Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Szenarien und Prognosen zur Entwicklung des Meeresspiegelanstiegs	4
3.	Szenarien und Prognosen zum Meeresspiegelanstieg und den sozio-ökonomischen Folgen	10
4.	Quellenverzeichnis	16

1. Einleitung

Der Anstieg der globalen Mitteltemperatur hat zum einem das Schmelzen des Eises und zum anderen die thermische Ausdehnung des Meerwassers zur Folge. „Der Meeresspiegel ist seit der letzten Eiszeit vor allem durch Schmelzwasser um rund 125 Meter gestiegen. Im letzten Jahrhundert hat sich mit dem Anstieg der Durchschnittstemperatur auf der Erde auch der Ozean erwärmt und als Folge ausgedehnt. Gletscher und Eisschilde schmelzen mit alarmierender Geschwindigkeit, und das dabei entstehende Süßwasser läuft über Flüsse in die Meere. Der Meeresspiegel ist seit 1990 im weltweiten Durchschnitt um knapp 20 Zentimeter gestiegen. Die gegenwärtige Rate liegt bei 0,35 Millimeter pro Jahr. Steigt die Erdtemperatur bis zum Ende des Jahrhunderts um weitere drei bis vier Grad an, könnte der Meeresspiegel um bis zu einem Meter steigen.“¹

„Bei weltweit gleichbleibendem Anstieg des CO₂-Ausstoßes würde der globale Meeresspiegel in 300 Jahren bis zu fünf Meter über dem jetzigen Stand liegen.“²

Einen Überblick der relevanten Aspekte zum Meeresspiegelanstieg liefern die Kapitel 4.1.4 „Meeresspiegel“ (S. 30 ff) und 5.3 „Beispiel: Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs“ (S. 48 ff) vom 27.9.2017 der Ausarbeitung „Anthropogener Treibhauseffekt und Klimaänderungen“ (WD 8-028/17) der wissenschaftlichen Dienste. Insbesondere im Kapitel 5.3 „Auswirkungen“ finden sich detaillierte Angaben über regionale Prognosen zum Meeresspiegelanstieg und Hinweise auf entsprechende Studien.³

Die folgende Dokumentation enthält eine kurze Beschreibung von ausgewählten Literaturquellen zum Thema „Meeresspiegelanstieg und sozio-ökonomische Folgen“ und hat nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

2. Szenarien und Prognosen zur Entwicklung des Meeresspiegelanstiegs

„Es ist zu erwarten, dass der Meeresspiegel weiter ansteigt. Bereits bei einer Erwärmung von weniger als 2 °C wird mit einem Meeresspiegelanstieg von 28 bis 56 cm gerechnet. In einem Szenario ohne Klimaschutzmaßnahmen wird sogar ein Anstieg von 57 bis 131 cm bis zum Jahr 2100 erwartet (MENDEL et al. 2016). Ein solcher Anstieg hätte existenzielle Konsequenzen für eine Reihe von Regionen der Welt, die weniger als einen Meter über dem Meeresniveau liegen, also für manche Küstenregionen sowie für tief liegende Inseln, wie beispielsweise die Malediven.“⁴

1 Latif, M. (2016). „Mayday!“, Politische Ökologie 34 (2016), 145: Meeresschutz von der Rettung des blauen Planeten, Seite 26-31

2 Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2018). „Das Ozeanbuch“, Seite 24

3 Deutscher Bundestag - Wissenschaftliche Dienste (2017). „Anthropogener Treibhauseffekt und Klimaänderungen“ (WD 8-085/18)“, <https://www.bundestag.de/blob/531134/6f730f684478a5be392a914110e05489/wd-8-028-17-pdf-data.pdf>

4 Bundesregierung (2018). „Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor“, BT-Drs [19/1100](#)

Im fünften Sachstandsberichts des IPCC heißt es im Teilbericht 1 (Wissenschaftliche Grundlagen) „Infolge der fortgesetzten Tauprozesse von Gletschern und Eisschilden und der Ausdehnung des erwärmten Ozeanwassers stieg der globale mittlere Meeresspiegel im Zeitraum von 1901 bis 2010 um etwa 19 cm an. Der mittlere Anstieg betrug in dieser Zeit etwa 1,7 mm pro Jahr. In den letzten Jahren war dieser Wert mit ca. 3,2 mm pro Jahr fast doppelt so groß. [...] „Bis Ende des 21. Jahrhunderts sind Anstiege um weitere 26 bis 55 cm zu erwarten, auch wenn beträchtliche Klimaschutzanstrengungen unternommen werden (niedrigstes Emissionsszenario). Ohne Emissionsbeschränkungen wird der Meeresspiegel bis Ende des Jahrhunderts zwischen 45 und 82 cm ansteigen (höchstes Emissionsszenario). Der IPCC schließt nicht aus, dass der Anstieg des Meeresspiegels auch deutlich höher ausfallen könnte. Für den Meeresspiegelanstieg liegen die neuen Projektionen höher als im AR4 [Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change], weil der Beitrag der polaren Eisschilde besser berücksichtigt ist“.⁵

Die Bevölkerungszahl, die vom Küstenhochwasser betroffen ist, beträgt, laut IPCC Bericht aus dem Jahr 2013, im Jahr 2010 270 Millionen Menschen und bis zu 350 Millionen in 2050. In Hafenstädten mit über einer Million Einwohner beträgt die Zahl der betroffenen Bevölkerung 39 Millionen im Jahr 2005 und in 2070 bei einem globalen Meeresspiegelanstieg (GMSLR, Global Mean Sea Level Rise) von 0,5 Meter 148 Millionen Einwohner. Dabei haben die Experten sozioökonomische Entwicklungen und das 100-Jahre-Szenario berücksichtigt.⁶

Ohne Küstenschutz, so zitiert der IPCC Experten, sind bei einem globalen Meeresspiegelanstieg von 0,5 bis 2 Meter bis ins Jahr 2100 etwa 72 bis 187 Millionen Menschen von Landverlusten betroffen.

Die Auswirkungen des erhöhten Meeresspiegelanstiegs der küstennahen Gebiete sind:

- Küstenüberschwemmungen
- Verringerung der Feuchtgebiete
- Küstenerosion
- zunehmende Versalzung der Anbauflächen
- Fischerei
- Korallensterben
- Küstenschutz
- Flusshochwasser.

5 Umweltbundesamt (UBA) (2017). „Kernbotschaften des Fünften Sachstandsberichts des IPCC, Teilbericht 1 (Wissenschaftliche Grundlagen)“ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2186/dokumente/kernbotschaften_ipcc_ar5_wgi_1712.pdf

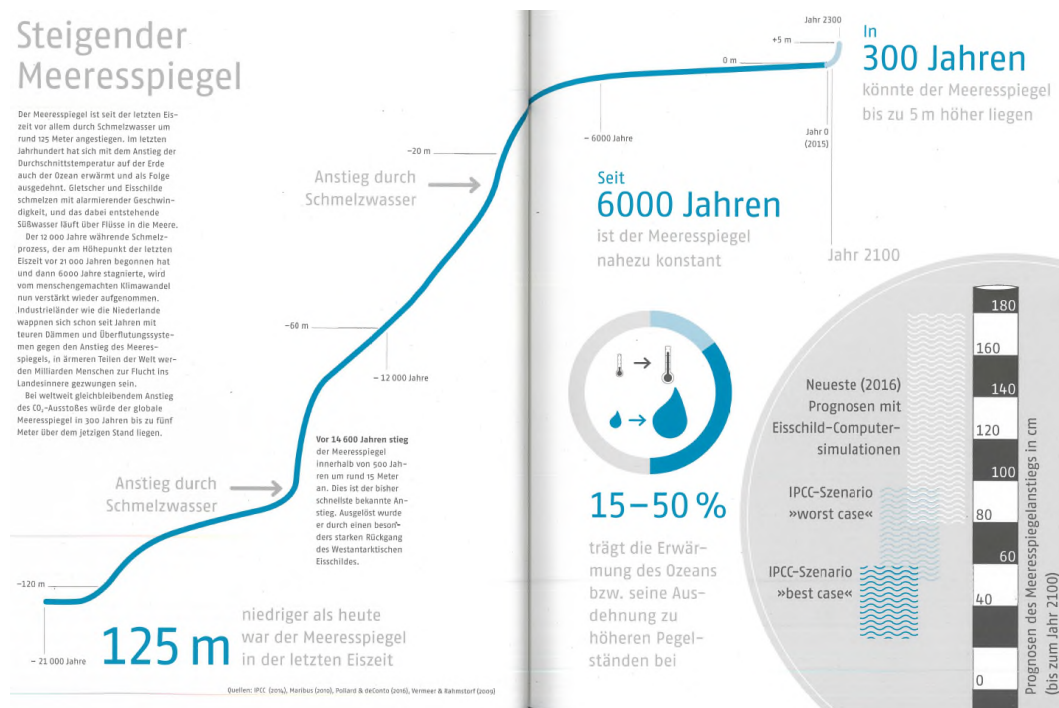
6 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). „Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability“ Kapitel 5 „Coastal Systems and Low-Lying Areas“, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap5_FINAL.pdf, S. 381-382

Zwischenstaatliche Sachverständigengruppe über Klimaänderungen (IPCC), Klimaänderung 2013/2014: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Beiträge der drei Arbeitsgruppen zum Fünften Sachstandsbericht, Bonn/Wien/Bern 2016, https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutsch/AR5-SPM_Anhang.pdf, Seite 20.

Weitere Einflussfaktoren für die Prognosen zum Meeresspiegelanstieg und seinen Auswirkungen sind:

- Topografie
- Landnutzung, Küstenraubbau
- Bau von Staudämmen
- Gezeiten
- Grundwasserabsenkungen insbesondere im Bereich großer Städte
- Die Landmassen Nordeuropas heben sich noch immer, das Wattenmeer taucht im Gegenzug ab.
- Der Anstieg des Meeresspiegels wird aufgrund regionaler Unterschiede starken räumlichen Schwankungen unterliegen.⁷

Die folgende Grafik zum steigenden Meeresspiegelanstieg zeigt das „best case“ und „worst case“ Szenario des fünften IPCC-Berichts und aktuelle Prognosen mittels Eisschild-Computersimulationen aus dem Jahr 2016. Der Meeresspiegelanstieg wird von der Eiszeit bis ins Prognosejahr 2100 dargestellt.⁸



7 Differenzierung von Nord- und Ostsee schon aufgrund der geringeren Salinität der Ostsee und der damit verbundenen geringeren Dichte. Die Nordsee als Randmeer unterliegt zudem der Gezeitendynamik.

8 Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2018). „Das Ozeanbuch“, Seite 24 und 25

Vermeer, M, Rahmstorf, S. (2016). “Global sea level linked to global temperature”, <http://www.pnas.org/content/pnas/106/51/21527.full.pdf>

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Projektionen zum Meeresspiegelanstieg im Jahr 2100.⁹

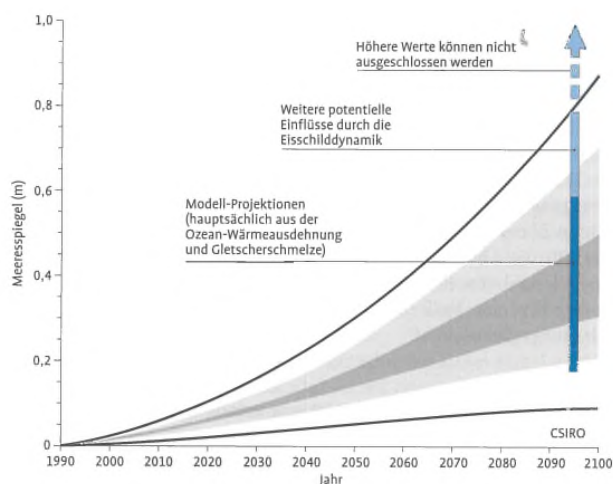


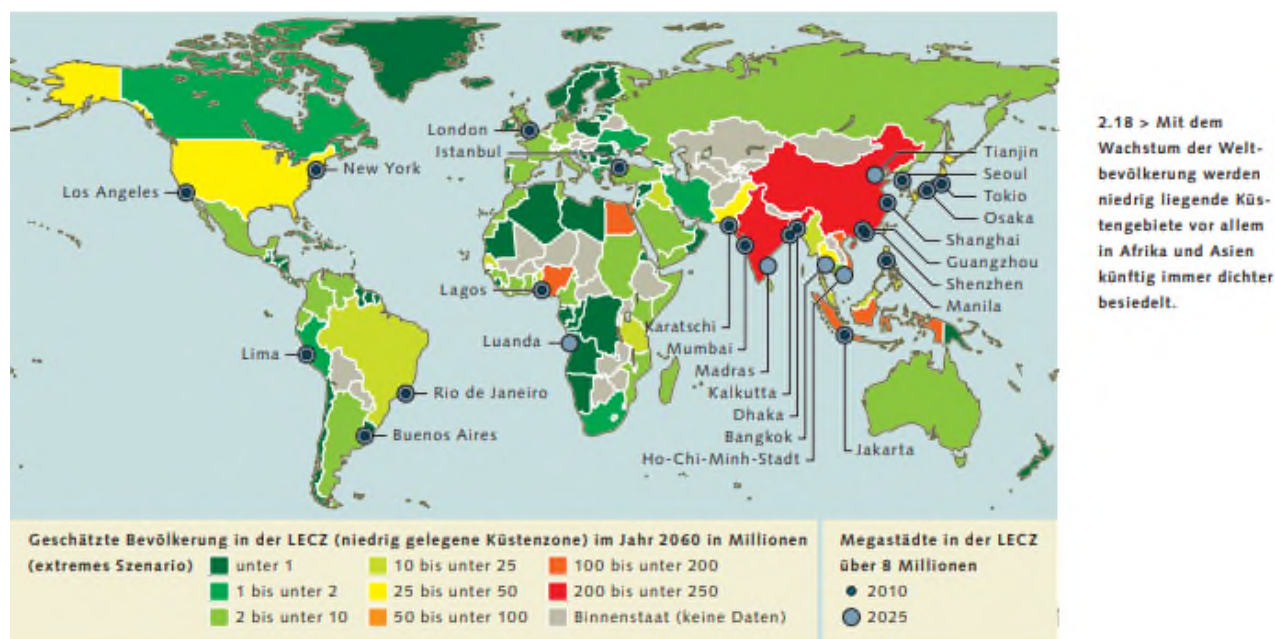
Abb. 12: Eine Zusammenfassung der Projektionen des globalen Meeresspiegels (m) bis 2100 unter Annahme verschiedener Szenarien. Die schattierten Bereiche zeigen die Projektionen aus dem 3. Sachstandsbericht (TAR) des IPCC (2001). Der dunkle Bereich bezieht sich auf eine Auswahl von Modellen, der hellere Bereich auf alle Modelle. Die beiden Linien geben die obere und untere Grenze aus TAR an. Sie schließen alle Modelle und Szenarien wie auch die Unsicherheit des Beitrages der kontinentalen Eisschilde ein. Der dunkelblaue (untere) vertikale Balken rechts zeigt die Projektionen aus dem 4. Sachstandsbericht (AR4) des IPCC (2007). Der obere (hellere) vertikale Balken zeigt den möglichen zusätzlichen Beitrag der Eisschilddynamik zum Meeresspiegelanstieg. Der ist allerdings sehr unsicher, sodass man keine obere Grenze für den Anstieg angeben kann. Quelle: CSIRO, Australien.

Das IPCC nimmt mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 bis 10% an, dass der Temperaturanstieg und damit auch der Meeresspiegelanstieg nicht auf anthropogenen Ursachen beruhen und mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 bis 99%, dass der Meeresspiegelanstieg aufgrund anthropogener Emissionen stattfindet.

Die nachfolgende Weltkarte zeigt die geschätzte Bevölkerungsdichte in den niedrig liegenden Küstengebieten.¹⁰

9 Latif, M. (2012). „Globale Erwärmung“, Kapitel „Meeresspiegelanstieg“, Seite 98 ff., Eugen Ulmer KG, Stuttgart 2012

10 World Ocean Review (2017). “Die Küsten – ein wertvoller Lebensraum unter Druck”, Nr. 5, <https://worldocean-review.com/wor-5/>



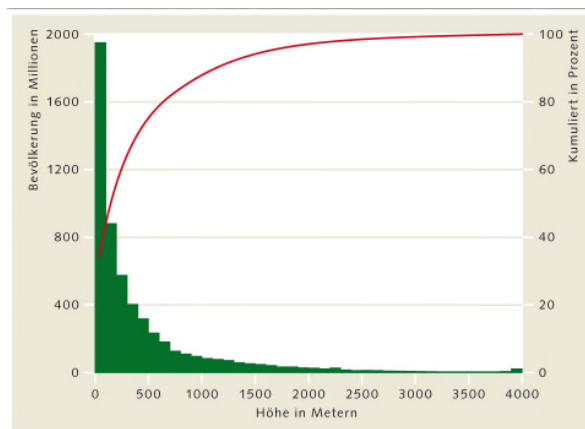
Die Studie „Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment“ untersucht, wie die Bevölkerung an den Küsten in den Jahren 2030 und 2060 von den Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs betroffen sein könnte. Ausgehend von den Bevölkerungszahlen im Jahr 2000 werden vier Szenarien für die nächsten hundert Jahre untersucht. Die Forscher fanden z.B. heraus, dass sich die Zahl der Menschen, die in den niedrig gelegenen Küstenzonen leben, in Asien am höchsten ist.¹¹

Der Anteil der Bevölkerung in Korrelation zu den Höhenmetern in denen Sie leben zeigt die folgende Grafik¹². Der Anteil der betroffenen Bevölkerung auf Meeresspiegellhöhe ist deutlich höher als in den höheren Lagen.

11 Neumann, B., Vafeidis, A.T., Zimmermann, J., Nicholls, R.J., (2015): “Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment”, PLoS ONE 10(3):e0118571.doi:10.1371/journal.pone.0118571, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4367969/>

Diese Ergebnisse zitiert auch die Bundeszentrale für politische Bildung in „Meeresspiegelanstieg“, <https://sicherheitspolitik.bpb.de/user/pages/09.m8/03.infographics/02.sea-level-rise/M08-G02-de.pdf>

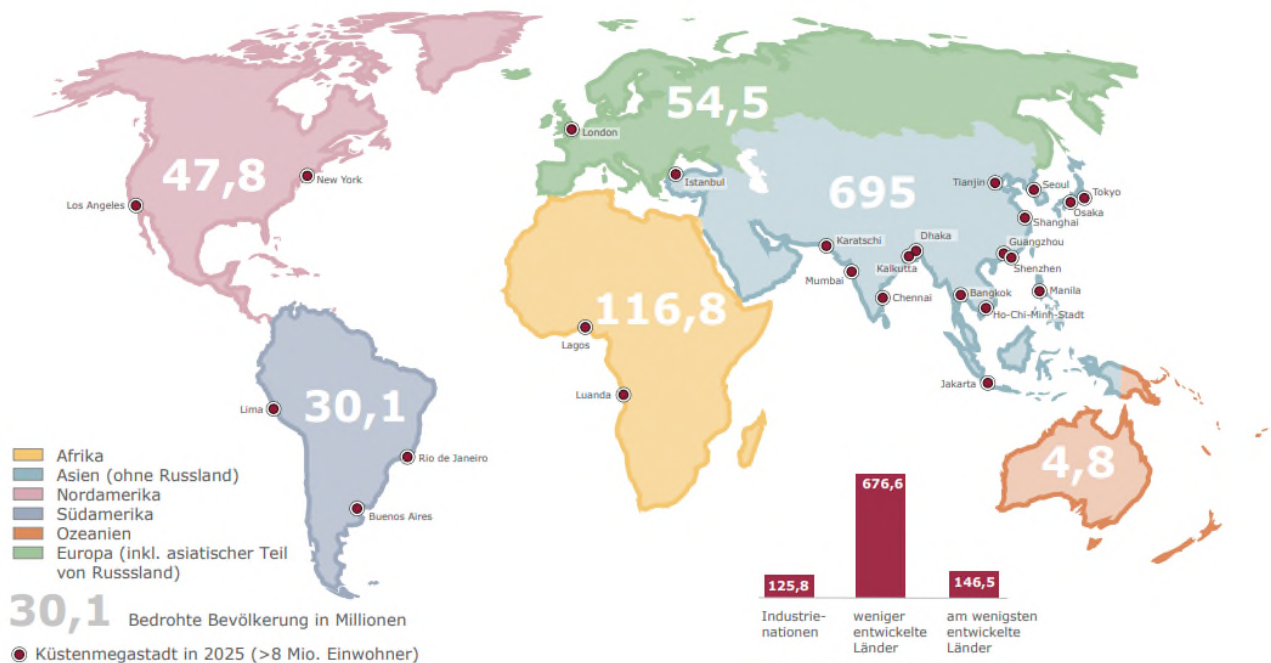
12 Maribus und Exzellenzclusters „Ozean der Zukunft“, World Ocean Review Nr. 1 “Mit dem Meer leben“ S. 60, https://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor1/WOR1_gesamt.pdf



Die nachfolgende, kommentierte Grafik zeigt, wie viele Menschen auf den verschiedenen Kontinenten 2030 von den Folgen eines Anstiegs des Meeresspiegels besonders stark betroffen sein werden. Dargestellt ist die prognostizierte Zahl der Bewohner pro Kontinent, die im Jahr 2030 in den sogenannten „low elevation coastal zones“ (LECZ) leben werden. Ein Balkendiagramm vergleicht die betroffene Bevölkerung der drei Entwicklungskategorien Industrienation, weniger entwickelte Länder und am wenigsten entwickelte Länder.“

Meeresspiegelanstieg

Bevölkerung, die im Jahr 2030 besonders stark von den Folgen des Meeresspiegelanstiegs betroffen sein wird



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten von Neumann, B., Vafeidis, A.T., Zimmermann, J. and R. J. Nicholls (2015): Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment.
Lizenz: Creative Commons by-nc-nd/3.0/de
bpb/BICC, 2017, sicherheitspolitik.bpb.de



„Grob geschätzt leben weltweit mehr als 200 Millionen Küstenbewohner unterhalb von 5 Metern (über Normalnull). Diese Zahl wird bis zum Ende des 21. Jahrhunderts auf schätzungsweise 400

bis 500 Millionen ansteigen.“ [...] „Für Europa schätzt man, dass bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 Meter etwa 13 Millionen Menschen bedroht sein würden.“ Für Deutschland gelten „als potenziell überflutungsgefährdet die Gebiete an der Nordsee, die nicht höher als 5 Meter über dem Meeresspiegel liegen. An der Ostseeküste zählen dazu die Bereiche bis 3 Meter über dem Meeresspiegel.“ In den überflutungsgefährdeten Gebieten leben rund 3,2 Millionen Menschen.“¹³

Der Artikel „Climate-change–driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era“ untersucht den beschleunigten Meeresspiegelanstieg mit Hilfe von Satelliten-gestützter Höhenmessung und Klimamodellen.¹⁴ Im Beitrag der Helmholtz-Gemeinschaft „Wie stark steigt der Meeresspiegel?“ werden die Inhalte des Artikels zusammengefasst.¹⁵

Die Forscher der Helmholtz-Gemeinschaft werteten anhand von Klimaparametern den „Regionspezifischen Anstieg des Meeresspiegels bis 2085“ aus und geben in ihren Climate-Fact-Sheets „unter dem Punkt ‚Meeresspiegelanstieg eine erste vorsichtige Einschätzung wie wirtschaftlich anfällig eine Region daraufhin sein könnte, basierend auf einem Bericht der Weltbank. Ein Ranking in dem Bericht weist auch auf die zehn vulnerabelsten Länder gegenüber dem Auftreten von Sturmfluten in Bezug auf den prozentualen Anteil des Bruttoinlandprodukts in den dortigen Küstengebieten hin. Besonders vulnerabel sind demnach: Bahamas, Kuwait, Belize, Vereinigte Arabische Emirate, Mozambique, Togo, Puerto Rico, Marokko, Philippinen und die Republik Jemen.“¹⁶

3. Szenarien und Prognosen zum Meeresspiegelanstieg und den sozio-ökonomischen Folgen

Die folgende Aufstellung enthält Literaturquellen zu Studien insbesondere zu den sozio-ökonomischen Folgen. Im Allgemeinen wird zwischen Szenarien für den Meeresspiegelanstieg (RCPs-Representative Concentration Pathways; Szenarien für den Emissionsausstoß) und Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung (Shared Socioeconomic Pathways) unterschieden.

Die Forschung der „Coastal Risk and Sea-Level Rise - Research Group“ befasst sich mit den Auswirkungen eines Meeresspiegelanstiegs auf die Küsten und Schadenspotentialanalyse, Küsten-

13 Maribus und Exzellenzclusters „Ozean der Zukunft“, World Ocean Review Nr. 1 „Mit dem Meer leben“ S. 68-69, https://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor1/WOR1_gesamt.pdf

14 Nerem, R.S. et al. (2018). „Climate-change–driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era“, <http://www.pnas.org/content/early/2018/02/06/1717312115>

15 Dürfeld, K. (2018). Helmholtz-Zentrum „Wie stark steigt der Meeresspiegel?“, https://www.helmholtz.de/erde_und_umwelt/wie_stark_steigt_der_meeresspiegel/

16 Helmholtz-Zentren (2018). Wissensplattform „Erde und Umwelt“ Earth System Knowledge Platform (ESKP), <https://www.eskp.de/klimawandel/klima-der-zukunft/> und https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/fact_sheets/climate_fact_sheets/index.php.de

nahe Feuchtgebiete und eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs, Küstenanpassung und Küstenbevölkerungsentwicklung. Die folgenden fünf Literaturangaben liefern Beispiele der Forschungsarbeiten:¹⁷

Die Autoren betrachten in ihrer globalen Studie zu Küstenüberflutungen in Folge des Meeresspiegelanstiegs und die damit verbundenen Folgen bis in das Jahr 2100. Hinkel, J. et al. (2014). "Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise", Proc Natl Acad Sci USA 111 (9), S. 3292–3297. DOI: 10.1073/pnas.1222469111, <http://www.pnas.org/content/111/9/3292>

Berechnungen zu Bevölkerung in Küstengebieten mit einer Geländehöhe von maximal 10 m (LECZ) bis ins Jahr 2100 finden sich in : Merkens, J.-L. et al. (2016). „Gridded population projections for the coastal zone under the Shared Socioeconomic Pathways“, Global and Planetary Change 145, S. 57–66. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2016.08.009, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818116301473>.

Die erwartete jährliche Zahl der von Küstenüberschwemmungen betroffenen Menschen beträgt nach Aussage der Autoren derzeit 102.000 Menschen und soll bis zum Ende des Jahrhunderts auf 1,52-3,65 Millionen ansteigen. Die Autoren untersuchten mögliche Sturmfluten für den europäischen Raum: Voudoukas, M. et al., (2018). „Climatic and socioeconomic controls of future coastal flood risk in Europe“, Nature Climate change 3, S. 802. DOI: 10.1038/s41558-018-0260-4, <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0260-4>

Diese Studie untersucht den deutschen Küstenraum und den Einfluss auf die Bevölkerung in Gebieten mit einer Geländehöhe < 5 und < 10 m: Sterr, Horst (2008): „Assessment of Vulnerability and Adaptation to Sea-Level Rise for the Coastal Zone of Germany“, Journal of Coastal Research 242, S. 380–393. DOI: 10.2112/07A-0011.1, <http://www.jcronline.org/doi/full/10.2112/07A-0011.1?code=cerf-site>

Berechnungen zum globalen Meeresspiegelanstieg bis 2500 führten Autoren der nachfolgenden Studie durch: Jevrejeva, S. et al. (2012). "Sea level projections to AD 2500 with a new generation of climate change scenarios", Global and Planetary Change 80-81, S. 14–20. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2011.09.006, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818111001469>.

Auf der Internetseite der Bundeszentrale für politische Bildung befindet sich eine interaktive Weltkarte, auf der man, nach einem Klick auf einzelne Länder, einen Link auf Umweltindikatoren enthält. Neben vielen anderen Informationen stehen weiter unten z.B. die Daten, die den Meeresspiegelanstieg betreffen: „Anteil der von den Folgen des Meeresspiegelanstiegs potentiell

17 Universität Kiel, Coastal Risk and Sea-Level Rise – Research Group (CRSLR), "Forschungsbereiche", <http://www.crsrlr.uni-kiel.de/de/forschungsbereiche/>

betroffenen Bevölkerung in 2030 [%]“. Der folgende Bildschirmausschnitt zeigt als Beispiel die Daten für Deutschland.¹⁸

Umweltsicherheit	
Indikator	Deutschland
Umweltkonflikte	–
Globaler Temperaturanstieg (1960-2017) [°C]	1.85
Anteil der von den Folgen des Meeresspiegelanstiegs potentiell betroffenen Bevölkerung in 2030 [%]	5.85
Anzahl der von den Folgen des Meeresspiegelanstiegs voraussichtlich betroffenen Bevölkerung in 2030 [in Mio.]	4.65
Klima-Risiko-Index Rang (1997 - 2016)	23 (mittel)
Klima-Risiko-Index Wert (1997 - 2016)	43.17
Wasserstress in 2040	1.7 (niedrig)
Wasserstress in 2040 (optimistisch)	1.76
Wasserstress in 2040 (pessimistisch)	1.62
Anzahl Staudämme & Reservoirs	60
Gesamtkapazität Staudämme & Reservoirs [Mio. m ³]	3192.9
Landgrabbing (Anzahl Deals) (2000-2018)	–
Anteil degradierter Fläche an der Landesfläche (1982-2003) [%]	9.1

Quellen: Aokva et al. (2015), Bai et al. (2008), Carus et al. (2008), EC-JRC/PBL (2016), GRDC (2007), GWSP (2011), Germanwatch (2018), Global Land Matrix (2018), Hansen et al. (2010), GISTEMP Team (2018), Neumann et al. (2015), WRI (2015). Ausführliche Beschreibungen der verwendeten Quellen mit verweisenden Links finden Sie im Quellenverzeichnis.

In der Dissertation “Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und seine sozio-ökonomischen Folgen“ aus dem Jahr 2000 hat der Autor Zahlen zur Bevölkerung und betroffener Landfläche für Deutschland und ausgewählte Länder zusammen getragen, methodische Ansätze beschrieben und die monetären Folgen aufgezeigt.¹⁹

Die Autoren der Studie „Flood damage costs under the sea level rise with warming of 1.5 °C and 2 °C“ schätzen den mittleren globalen Meeresspiegelanstieg von bis zu 52 cm und bis zu 63 cm bei einem Temperaturanstieg von 1,5 °C bzw. 2,0 °C bis 2100. Bei einem Unterschied von 11 cm des globalen Meeresspiegelanstiegs im Jahr 2100 könnte es, nach Aussage der Autoren, zu zusätzlichen Verlusten von 1,4 Billionen US-Dollar pro Jahr (0,25% des globalen BIP) kommen. Die Autoren haben noch weitere Schätzungen zu monetären Verlusten durchgeführt.²⁰

18 Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) und Internationales Konversionszentrum Bonn (bicc) „Themenmodul Umweltsicherheit“, <https://sicherheitspolitik.bpb.de/m8?V=1+21.97+20.04> und <https://sicherheitspolitik.bpb.de/country-reports?iso=DEU>

19 Behnen, T. (2000): Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und seine sozio-ökonomischen Folgen, Hannoverische Geographische Arbeiten, Bd. 54, Münster

20 Jevrejeva, S. et al. (2018). „Flood damage costs under the sea level rise with warming of 1.5 °C and 2 °C“, Environ. Res. Lett. 13 074014, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aacc76/meta>

Die beiden Artikel des „The Guardian“ betrachten die Kosten für Bevölkerung und Haushalte für verschiedene Meeresspiegelanstiegshöhen.²¹

Der Artikel „Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones“ befasst sich mit spezifischen und regionalen Einflüssen und zeigt weitere Forschungsthemen für verbesserte Prognosen auf.²²

Das Hintergrundpapier „Klimawandel in Norddeutschland“ beleuchtet die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf den norddeutschen Küstenraum. Neben einer Risikobewertung zeigen die Autoren mögliche Handlungsnotwendigkeiten für Klimaschutz und Klimaanpassung.²³

Der Artikel „Klimawandel auf Hallig Hooge: Wahrnehmungen, Maßnahmen, Kontroversen“ befasst sich insbesondere mit flachen Inseln in der deutschen Nordseeregion.²⁴ Weitere Arbeiten des Instituts für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums befassen sich mit Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten an der Nordseeküste.²⁵

Der Artikel „Impacts of climate change and sea-level rise on small island states“ beschreibt die Auswirkungen des Anstiegs auf kleine, flache Inseln im Pazifischen Ozean. Eine Tabelle liefert statistische Informationen zu betroffener Fläche und Einwohnerzahlen.²⁶

Ein Poster der Universität Hamburg beschreibt die „Auswirkungen eines steigenden Meeresspiegels auf die Küstenregionen Ägyptens“, insbesondere die ökologischen, ökonomischen Folgen

-
- 21 Abraham, J. (2018). „Rising ocean waters from global warming could cost trillions of dollars“, The Guardian Online vom 12.7.2018, <https://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-percent/2018/jul/12/rising-ocean-waters-from-global-warming-could-cost-trillions-of-dollars>
- Milman, O. „Flooding from sea level rise threatens over 300,000 US coastal homes – study“, The Guardian Online vom 18.6.2018, <https://www.theguardian.com/environment/2018/jun/17/sea-level-rise-impact-us-coastal-homes-study-climate-change>.
- 22 Nicholls, R.J., Cazenave, A., „Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones“, Science Vol. 328 2010, <http://science.sciencemag.org/content/sci/328/5985/1517.full.pdf>
- 23 Germanwatch e.V. (2009). „Klimawandel in Norddeutschland“, <http://germanwatch.org/klima/nord09.pdf>
- 24 Meyer, M. et al. (2018). „Klimawandel auf Hallig Hooge: Wahrnehmungen, Maßnahmen, Kontroversen“, Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ), 32-33/2018 Seite 10 ff, <http://www.bpb.de/apuz/273591/klimawandel-auf-hallig-hooge>
- 25 Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI)/Deutsches Klimarechenzentrum, Von Storch, H. (2013). „Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten“, https://www.dkrz.de/kommunikation/pub/infoblaetter/vonStorch_Meeresspiegelanstieg-Sturmfluten_Jan2013.pdf?lang=de und <https://www.awi.de/forschung/besondere-gruppen/klimabuero.html>
- 26 Pernetta J.C. (1992). „Impacts of climate change and sea-level rise on small island states“, Global Environmental Change Volume 2, Issue 1, March 1992, 19-31, Tabelle 1 auf Seite 20, https://ac.els-cdn.com/0959378092900334/1-s2.0-0959378092900334-main.pdf?tid=de03b204-47d0-4846-8425-ba80bfbf6b45&acdnat=1535027723_90beb4543bbd6675e0292d1b67ce9b60

und den Einfluss auf die gesellschaftliche Stabilität. Bei einem Anstieg von einem halben Meter wären beispielsweise 3,8 Millionen und bei einem Meter 6,1 Millionen Menschen betroffen.²⁷

In der Veröffentlichung von Bedarff, H. et al. für Greenpeace „Klimawandel, Migration und Vertreibung“ schreiben die Autoren im Kapitel „Migration und Vertreibung durch schleichende Veränderungen: Meeresspiegelanstieg, Dürren, Hitze und Bodendegradation zu den Folgen des Meeresspiegelanstiegs: „Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts werden daher wahrscheinlich 130 Millionen Menschen in den tiefen Küstenbereichen bis zu einem Meter und 410 Millionen bis fünf Meter über dem Meer leben.“²⁸

Die Studie „Assessing Climate Change Impacts, Sea Level Rise and Storm Surge Risk in Port Cities: A Case Study on Copenhagen“ befasst sich mit dem Meeresspiegelanstieg infolge von größeren Stürmen für die Region Kopenhagen.²⁹

Im Aufsatz „Impediments to Inland Resettlement under Conditions of Accelerated Sea Level Rise“ diskutieren die Autoren Lösungen zum Küstenschutz und wetterbedingter Landflucht für Regionen wie Florida und China.³⁰ Die Autoren werden im Artikel „Rising Seas could result in 2 Billion Refugees by 2100“, der sich ebenfalls mit der wetterbedingten Flucht der Bevölkerung befasst, erwähnt.³¹

Modellrechnungen zu niederschlagsbedingten Hochwassern und der zusätzlich erforderliche Uferschutz behandelt der Artikel: „Adaptation required to preserve future high-end river flood risk at present levels“.³²

Für die Bemessungen des Küstenschutzmanagements sind auf europäischer Ebene Richtlinien entwickelt worden, die von den betroffenen Ländern bzw. Bundesländern für ihr Küstenschutz-

-
- 27 Link, P.M., Kominek, J. Poster „Auswirkungen eines steigenden Meeresspiegels auf die Küstenregionen Ägyptens“, <https://www.clisec.uni-hamburg.de/en/pdf/poster-link-kominek-2012.pdf>
- 28 Greenpeace, Bedarff, H. et al. (2017). „Klimawandel, Migration und Vertreibung“, Kapitel 3.2 „Migration und Vertreibung durch schleichende Veränderungen: Meeresspiegelanstieg, Dürren, Hitze und Bodendegradation“ ab Seite 15, <https://www.greenpeace.de/files/publications/20170524-greenpeace-studie-klimawandel-migration-deutsch.pdf>
- 29 Hallegatte, S. et al. (2008). „OECD Environment Working Papers, No. 3“, OECD Publishing, Paris, https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/236018165623.pdf?expires=1536738017&id=id&ac_cname=guest&checksum=DEECF8DA93C6840BEB5AEA16269BE032
- 30 Geisler, C. et al. (2017). „Impediments to Inland Resettlement under Conditions of Accelerated Sea Level Rise“, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837715301812>
- 31 Friedlander, B. Cornell Chronicle (2017). „Rising Seas could result in 2 Billion Refugees by 2100“, <http://news.cornell.edu/stories/2017/06/rising-seas-could-result-2-billion-refugees-2100>
- 32 Willner, S. et al. (2018). „Adaptation required to preserve future high-end river flood risk at present levels“, Science Advances 10 Jan 2018: Vol. 4, no. 1, eaao1914, DOI: 10.1126/sciadv.aao1914, <http://advances.sciencemag.org/content/4/1/eaao1914.full>

management berücksichtigt werden sollen. Die Richtlinien gelten ebenso für den Schutz des Landes gegen Flusshochwasser. Der Bericht gibt einen Überblick über die unterschiedliche Vorgehensweise der Nordseeanrainerländer beim Schutz vor Sturmfluten.³³

Ein Interview der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) beleuchtet die Zusammenhänge zwischen Klimabedingter Migration und deren Herausforderungen.³⁴

Das Thema „Staatenverantwortlichkeit und Meeresspiegelanstieg“ behandelt die titelgleiche Dissertation.³⁵

Ein internationaler fächerübergreifender Austausch zwischen Vertretern von Natur-, Technik-, Sozial- und Kulturwissenschaften befasste sich, neben den naturwissenschaftlichen Beiträgen, auch mit den mentalen Haltungen der Küstenmenschen zu ihrer veränderlichen Heimat und den zukünftigen Herausforderungen der Flachwasserküsten der Nordseeregion.³⁶

Derzeit erarbeitet die interministerielle Arbeitsgruppe Anpassung (IMAA) unter der Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) eine Strategie zum Umgang mit dem Meeresspiegelanstieg im Ressortkreis und mit den Bundesländern. Der „IPCC-Sonderbericht über Ozeane und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima“ soll dabei berücksichtigt werden.³⁷

33 Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation Freie und Hansestadt Hamburg (2012). „Internationaler Vergleich der Bemessungsverfahren im Küstenschutz Berichte des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer Nr. 11 / 2012“, <http://lsbg.hamburg.de/content/blob/3876366/9c464705496c3e754a7885a543c5cd24/data/internationaler-vergleich.pdf;jsessionid=38E1426BBF330E4B2DB8F6BC7448F794.liveWorker2> und

Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. http://m.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnen-gewaesser/richtlinie_management_hochwasserrisiken.pdf

Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2013). „Bedeutung der europäischen Richtlinie zum Hochwasserschutz“, <http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/hochwasserschutz/170491/europaeische-richtlinie-zum-hochwasserschutz>

34 Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2017). „Klima und Migration – Risiken mindern, den Neuanfang unterstützen“, <https://www.giz.de/de/leistungen/57193.html>

35 Kehrer, F. (2009). Europäische Hochschulschriften, Dissertation „Staatenverantwortlichkeit und Meeresspiegelanstieg“, Reihe II Rechtswissenschaft, Bd./vol. 4877, Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, Frankfurt/M. 2009

36 Fischer, L., Reise, K. (Hrsg.) (2011). „Küstenmentalität und Klimawandel“, oekom Verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH, München

37 Schriftliche Frage Nr. 77 MdB Dr. Julia Verlinden BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN, BT-Drs [19/3677](https://www.bundestag.de/btd/19/3677)

Der „IPCC-Sonderbericht über Ozeane und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima“ wird im September 2019 erwartet. <https://www.de-ipcc.de/252.php>

4. Quellenverzeichnis

- Abraham, J. (2018). „Rising ocean waters from global warming could cost trillions of dollars“, The Guardian Online vom 12.7.2018, <https://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-per-cent/2018/jul/12/rising-ocean-waters-from-global-warming-could-cost-trillions-of-dollars>
- Behnen, T. (2000): Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und seine sozio-ökonomischen Folgen, Hannoversche Geographische Arbeiten, Bd. 54, Münster
- Bundesregierung (2018). „Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor“, BT-Drs [19/1100](#)
- Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2013). „Bedeutung der europäischen Richtlinie zum Hochwasserschutz“, <http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/hochwasserschutz/170491/europaeische-richtlinie-zum-hochwasserschutz>
- Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2018). „Das Ozeanbuch“
- Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) „Meeresspiegelanstieg“, <https://sicherheitspolitik.bpb.de/user/pages/09.m8/03.infographics/02.sea-level-rise/M08-G02-de.pdf>
- Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) und Internationales Konversionszentrum Bonn (bicc) „Themenmodul Umweltsicherheit“, <https://sicherheitspolitik.bpb.de/m8?V=1+21.97+20.04> und <https://sicherheitspolitik.bpb.de/country-reports?iso=DEU>
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2017). „Klima und Migration – Risiken mindern, den Neuanfang unterstützen“, <https://www.giz.de/de/leistungen/57193.html>
- Deutscher Bundestag - Wissenschaftliche Dienste (2017). „Anthropogener Treibhauseffekt und Klimaänderungen“ (WD 8-085/18)“, <https://www.bundestag.de/blob/531134/6f730f684478a5be392a914110e05489/wd-8-028-17-pdf-data.pdf>
- Dürfeld, K. (2018). Helmholtz-Zentrum „Wie stark steigt der Meeresspiegel?“, https://www.helmholtz.de/erde_und_umwelt/wie_stark_steigt_der_meeresspiegel/
- Fischer, L., Reise, K. (Hrsg.) (2011). „Küstenmentalität und Klimawandel“, oekom Verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH, München
- Friedlander, B. Cornell Chronicle (2017). “Rising Seas could result in 2 Billion Refugees by 2100”, <http://news.cornell.edu/stories/2017/06/rising-seas-could-result-2-billion-refugees-2100>
- Geisler, C. et al. (2017). “Impediments to Inland Resettlement under Conditions of Accelerated Sea Level Rise”, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837715301812>
- Germanwatch e.V. (2009). „Klimawandel in Norddeutschland“, <http://germanwatch.org/klima/nord09.pdf>

- Greenpeace, Bedarff, H. et al. (2017). „Klimawandel, Migration und Vertreibung“, Kapitel 3.2 „Migration und Vertreibung durch schleichende Veränderungen: Meeresspiegelanstieg, Dürren, Hitze und Bodendegradation“, <https://www.greenpeace.de/files/publications/20170524-greenpeace-studie-klimawandel-migration-deutsch.pdf>
- Hallegatte, S. et al. (2008). “OECD Environment Working Papers, No. 3”, OECD Publishing, Paris, <https://www.oecd-ili-brary.org/docserver/236018165623.pdf?expires=1536738017&id=id&ac-cname=guest&checksum=DEECF8DA93C6840BEB5AEA16269BE032>
- Helmholtz-Zentren (2018). Wissensplattform „Erde und Umwelt“ Earth System Knowledge Platform (ESKP), <https://www.eskp.de/klimawandel/klima-der-zukunft/> und https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/fact_sheets/climate_fact_sheets/index.php.de
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability” Kapitel 5 „Coastal Systems and Low-Lying Areas”, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap5_FINAL.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2016). Zwischenstaatliche Sachverständigen-gruppe über Klimaänderungen (IPCC), Klimaänderung 2013/2014: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Beiträge der drei Arbeitsgruppen zum Fünften Sachstandsbericht, Bonn/Wien/Bern 2016, https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/AR5-SPM_Anhang.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) „IPCC-Sonderbericht über Ozeane und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima“, <https://www.de-ipcc.de/252.php>
- Jevrejeva, S. et al. (2018). „Flood damage costs under the sea level rise with warming of 1.5 °C and 2 °C”, Environ. Res. Lett. 13 074014, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aacc76/meta>
- Kehrer, F. (2009). Europäische Hochschulschriften, Dissertation „Staatenverantwortlichkeit und Meeresspiegel-anstieg“, Reihe II Rechtswissenschaft, Bd./vol. 4877, Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, Frankfurt/M. 2009
- Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation Freie und Hanse-stadt Hamburg (2012). „Internationaler Vergleich der Bemessungsverfahren im Küstenschutz Berichte des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer Nr. 11 / 2012“, <http://lsbg.hamburg.de/contentblob/3876366/9c464705496c3e754a7885a543c5cd24/data/internationaler-vergleich.pdf;jsessionid=38E1426BBF330E4B2DB8F6BC7448F794.liveWorker2>
- Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI)/Deutsches Klimarechenzentrum, Von Storch, H. (2013). „Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten“, https://www.dkrz.de/kommunikation/pub/infoblaetter/vonStorch_Meeresspiegelanstieg-Sturmfluten_Jan2013.pdf?lang=de und <https://www.awi.de/forschung/besondere-gruppen/klimabuero.html>
- Latif, M. (2012). „Globale Erwärmung“, Kapitel „Meeresspiegelanstieg“, Seite 98 ff., Eugen Ulmer KG, Stuttgart 2012

Latif, M. (2016). „Mayday!“, Politische Ökologie 34 (2016), 145: Meeresschutz von der Rettung des blauen Planeten

Link, P.M., Kominek, J. Poster „Auswirkungen eines steigenden Meeresspiegels auf die Küstenregionen Ägyptens“, <https://www.clisec.uni-hamburg.de/en/pdf/poster-link-kominek-2012.pdf>

Maribus und Exzellenzclusters „Ozean der Zukunft“, World Ocean Review Nr. 1 “Mit dem Meer leben“, https://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor1/WOR1_gesamt.pdf

Meyer, M. et al. (2018). „Klimawandel auf Hallig Hooge: Wahrnehmungen, Maßnahmen, Kontroversen“, Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ), 32-33/2018, <http://www.bpb.de/apuz/273591/klimawandel-auf-hallig-hooge>

Milman, O. “Flooding from sea level rise threatens over 300,000 US coastal homes – study”, The Guardian Online vom 18.6.2018, <https://www.theguardian.com/environment/2018/jun/17/sea-level-rise-impact-us-coastal-homes-study-climate-change>

Nerem, R.S. et al. (2018). “Climate-change–driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era”, <http://www.pnas.org/content/early/2018/02/06/1717312115>

Neumann, B., Vafeidis, A.T., Zimmermann, J., Nicholls, R. J., (2015): “Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment”, PLoS ONE 10(3):e0118571.doi:10.1371/journal.pone.0118571, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4367969/>

Nicholls, R.J., Cazenave, A., “Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones”, Science Vol. 328 2010, <http://science.sciencemag.org/content/sci/328/5985/1517.full.pdf>

Pernetta J.C. (1992). „Impacts of climate change and sea-level rise on small island states”, Global Environmental Change Volume 2, Issue 1, March 1992, 19-31, https://ac.els-cdn.com/0959378092900334/1-s2.0-0959378092900334-main.pdf?_tid=de03b204-47d0-4846-8425-ba80bfb6b45&acdnat=1535027723_90beb4543bbd6675e0292d1b67ce9b60

Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. http://m.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/richtlinie_management_hochwasserrisiken.pdf

Schriftliche Frage Nr. 77 MdB Dr. Julia Verlinden BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN, BT-Drs [19/3677](https://www.bundestag.de/btd/19/3677)

Umweltbundesamt (UBA) (2017).“ Kernbotschaften des Fünften Sachstandsberichts des IPCC, Teilbericht 1 (Wissenschaftliche Grundlagen)“ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2186/dokumente/kernbotschaften_ipcc_ar5_wgi_1712.pdf

Universität Kiel, Coastal Risk and Sea-Level Rise – Research Group (CRSLR), “Forschungsbereiche”, <http://www.crsrlr.uni-kiel.de/de/forschungsbereiche/>

Vermeer, M, Rahmstorf, S. (2016). “Global sea level linked to global temperature”, <http://www.pnas.org/content/pnas/106/51/21527.full.pdf>

Willner, S. et al. (2018). “Adaptation required to preserve future high-end river flood risk at present levels”, Science Advances 10 Jan 2018: Vol. 4, no. 1, eaao1914, DOI: 10.1126/sciadv.aao1914, <http://advances.sciencemag.org/content/4/1/eaao1914.full>

World Ocean Review (2017). “Die Küsten – ein wertvoller Lebensraum unter Druck”, Nr. 5, <https://worldoceanreview.com/wor-5/>
