

Indikator-Factsheet: Meeresspiegel

Verfasser*innen:	Vorherige Version: Ecologic Institut (Jenny Tröltzsch, Evelyn Lukat) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106 Weiterentwicklung für Monitoringbericht 2019: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (Dr. Hartmut Hein)	
Mitwirkung:	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie BSH, M 2 Meeresphysik und Klima (Dr. Kerstin Jochumsen) Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), M1 - Hydrologische Grundsatzangelegenheiten, Hydrometrie und Gewässerphysik (Dr. Hartmut Hein, Dr. Peer Helmke)	
Letzte Aktualisierung:	05.10.2014	Ecologic Institut (Jenny Tröltzsch, Evelyn Lukat)
	04.07.2018	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (Dr. Hartmut Hein): Grundlegende Überarbeitung und Fortschreibung, Änderung der Datengrundlage
	16.01.2018	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Kleinere redaktionelle Anpassung, Nummerierung des Indikators geändert (zuvor WW-I-9)
	02.02.2021	Petra van Rühl (UBA I 1.6): Änderung der Fachbegleitung nach Mitteilung von BMVI WS24
	12.08.2022	Bosch & Partner GmbH (Stefan von Andrian-Werburg): Verschiebung ins Handlungsfeld Küsten und Meeresschutz, Anpassung der Nummerierung, kleine formale und redaktionelle Anpassungen, Aktualisierung von Links
	28.03.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): In Abstimmung mit BfG, Referat M1, Änderung der Einheit in cm bezogen auf Höhen über Normalhöhen-Null (NHN) im DHHN2016 (vorher PNP), da diese Einheit gegenüber Änderungen der Pegelhöhe robust ist
	26.04.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Ergänzung zu „nächste Fortschreibung“ und zur Erläuterung des Mittelungsverfahrens durch BfG M1
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:	unbestimmt	Für die Zukunft sollte es zusätzlich Indikatoren oder Indikator-Teile für das mittlere Hoch- bzw. Niedrigwasser geben, da die zeitliche Entwicklung der Scheitelwasserstände nicht parallel verläuft und beide Indikatoren wichtig wären (HW für Küstenschutz, NW für Entwässerungsmaßnahmen). Dies gilt auch im Hinblick darauf, dass das steigenden HW maßgeblich zum höheren Auflaufen von Sturmfluten führt, wohingegen ein abfallendes NW dazu führen könnte, dass das MTmw nicht wirklich ansteigt und so die steigende Gefährdung nicht dargestellt wird (vgl. HH. St. Pauli).

I Beschreibung

Interne Nr. KM-I-2	Titel: Meeresspiegel
Einheit: <u>Teil A:</u> cm bezogen auf NHN im DHHN2016 <u>Teil B:</u> cm bezogen auf NHN im DHHN2016	Kurzbeschreibung des Indikators: <u>Teil A:</u> Mittleres jährliches Tidemittelwasser (MTmw) an ausgewählten Einzelpegeln der Nordsee tiefpassgefiltert mittels SSA mit einem Zeitfenster von 19 Jahren; entspricht in etwa einer gleitenden Mittelbildung über 19 Jahre. <u>Teil B:</u> Mittleres jährliches Mittelwasser (MW) an ausgewählten Einzelpegeln der Ostsee tiefpassgefiltert mittels SSA mit einem Zeitfenster von 19 Jahren; entspricht in etwa einer gleitenden Mittelbildung über 19 Jahre. Berechnungsvorschrift: Daten werden unmittelbar von der BfG übernommen. Es werden folgende Pegel herangezogen: • für die Nordsee: Borkum Fischerbalje, Cuxhaven Steubenhöft, Wittdün • für die Ostsee: Kiel, Travemünde, Sassnitz In der Zeitreihenanalyse ist die singuläre Spektralanalyse (SSA = Singular Spektrum Analyse) eine nichtparametrische spektrale Schätzmethode, das ein Standardverfahren im Bereich der Untersuchung der Entwicklung des Meeresspiegels ist. Das Verfahren kombiniert Elemente der klassischen Zeitreihenanalyse (multivariate Statistik, multivariate Geometrie, dynamische Systeme und Signalverarbeitung). Exakt ausgedrückt handelt es sich um eine Tiefpassfilterung. Die Werte wirken glatter als eine gleitende arithmetische Mittelbildung, weil der verwendete SSA-Filter robust und damit weniger unsicher die Variabilität unter 19 Jahren herausfiltert. Es ist statistisch zu beachten, dass die einzelnen gleitenden 19 Jahresscheiben keine Gaußverteilung, sondern aufgrund einzelner extremer Jahre z.T. eine erhebliche Schiefe aufweisen. Das arithmetische Mittel hingegen wird von (univariaten) Extremen ganz erheblich verzerrt und wird deshalb auch als „nicht robust“ bezeichnet. Hinzu kommt, dass bei Wasserstandsdaten die Schiefe von Zeitscheibe zu Zeitscheibe unterschiedlich ist. Dieses führt letztendlich zu erheblichem Rauschen im Frequenzbereich unterhalb der 19 Jahre, was zu Unsicherheiten, die vermeidbar sind. Die Werte sind bezogen auf das NHN im DHHN2016. Für methodische Details der BfG-Berechnung s. Hein et al. 2014
Interpretation des Indikatorwerts:	<u>Teil A:</u> Je höher der Indikatorwert, desto höher sind die mittleren Tidemittelwasserstände an den betrachteten Pegeln der Nordsee. <u>Teil B:</u> Je höher der Indikatorwert, desto höher sind die mittleren Wasserstände an den betrachteten der Ostsee.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Küsten- und Meeresschutz
Themenfeld:	Meeresspiegel und Meeresströmungen
Thematischer Teilaspekt:	Anstieg des Meeresspiegels
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorsysteme:	EEA: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 – An indicator based report.
Begründung:	Durch den Klimawandel wird für die deutschen Küsten ein Anstieg des Meeresspiegels prognostiziert. Die globale Erwärmung führt zu zwei unterschiedlichen Effekten, die einen ansteigenden Meeresspiegel befördern. Als erstes führt eine höhere Wassertemperatur zu einer geringeren Dichte und damit zu einer Volumenausdehnung des Wassers. Als zweites schmelzen durch die höhere Lufttemperatur Gletscher und Eisschilde, und es gelangt verstärkt Schmelzwasser in die Meere (UBA 2009). Selbst wenn beträchtliche Klimaschutzanstrengungen unternommen werden, also das niedrigste Emissionsszenario den Projektionen zugrunde gelegt wird, ist dem IPCC zufolge bis Ende des 21. Jahrhunderts eine Erhöhung um weitere 26 bis 55 cm zu erwarten. Ohne Emissionsbeschränkungen wird der Meeresspiegel bis Ende des Jahrhunderts zwischen 45 und 82 cm ansteigen. Der IPCC schließt nicht aus, dass der Anstieg des Meeresspiegels auch deutlich höher ausfallen könnte. Der Indikator stellt in seinem Teil A das jährliche Mittlere Tidemittelwasser (MTmw) der Nordseepegel der Nordseepegel (MTnw) und in Teil B die jährlichen Mittleren Wasserstände an Ostsee (MW) dar. Die Mittelung über 19 Jahren entspricht der Definition des mittleren Meeresspiegels (Mean Sea Level) der Internationalen Hydrographischen Organisation. Die Darstellung eines mittleren Anstiegs für das gesamte Küstengebiet ist aufgrund der regionalen Unterschiede nicht zielführend. Für die Indikatordarstellung wurden aussagekräftige Einzelpegel ausgewählt, die nicht zu stark durch Veränderungen in den letzten Jahren beeinflusst wurden bzw. nicht sehr stark durch lokale Gegebenheiten geprägt sind. Des Weiteren wurde eine regionale Verteilung der Pegel zwischen Nord- und Ostsee, aber auch an der jeweiligen Küste angestrebt. Die ausgewählten Pegel befinden sich jeweils in unterschiedlichen Bundesländern.
Einschränkungen:	Die Darstellung stützt sich auf Einzelpegel, die durch lokale Rahmenbedingungen geprägt sind. Die Bestimmung von lokalen Landsenkungen erscheint derzeit noch schwierig.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS)
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen	DAS, Kap. 3.2.5: Darüber hinaus sind integrierte Entwicklungsstrategien für die Ökosysteme des Küstenraums einschließlich der Flusstrichter (Ästuarbereiche) nötig, die dort, wo dies erforderlich ist, die Etablierung von Ausweichhabitaten für vom Meeresspiegelanstieg betroffene Lebensgemeinschaften ermöglichen und Synergien zwischen Naturschutz und Küstenschutz nutzen. DAS, Kap. 3.2.11: Seeschiffe und Navigation hängen ebenso wie Ausbau, Unterhalt und Betrieb der Seeschifffahrtsstraßen von den ozeanografischen, hydrologischen und meteorologischen Bedingungen in der offenen See und in der Küstenzone ab. Durch den prognostizierten Meeresspiegelanstieg sind u. a. Häfen und andere maritime Infrastruktur betroffen. Es ergeben sich ebenfalls Veränderungen der Strömungen, Erosion und Sedimentation in den Ästuaren und Seeschifffahrtsstraßen, die näher untersucht werden müssen. DAS, Kap. 3.2.12: Für bestehende oder geplante Industriestandorte sind national wie international die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen, zum Beispiel die Folgen eines zu erwartenden Anstiegs des Meeresspiegels in küsten-nahen Gebieten.

	DAS, Kap. 3.2.14: Der Anstieg des Meeresspiegels und der damit verbundene Anstieg des Grundwasserspiegels sowie die Zunahme der Küstenerosionstendenzen erfordern zusätzliche Anstrengungen beim Schutz der Küstengebiete und begründen wesentliche neue Gesichtspunkte für die Entwicklung der Küstenlandschaften.
Ziele:	DAS, Kap. 3.2.5: Entwicklung von integrierte Entwicklungsstrategien für die Ökosysteme des Küstenraums einschließlich der Flusstrichter (Ästuarbereiche). Etablierung von Ausweichhabitaten für vom Meeresspiegelanstieg betroffene Lebensgemeinschaften. Entwicklung von Synergien zwischen Naturschutz und Küstenschutz nutzen. DAS, Kap. 3.2.11: Untersuchung und Dokumentation der durch den prognostizierten Meeresspiegelanstieg ergebenden Veränderungen der Strömungen, der Erosion und der Sedimentation in den Ästuaren und Seeschiffahrtsstraßen. DAS, Kap. 3.2.12: Für bestehende oder geplante Industriestandorte sind national wie international die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen, zum Beispiel die Folgen eines zu erwartenden Anstiegs des Meeresspiegels in küstennahen Gebieten. DAS, Kap. 3.2.14: Der Anstieg des Meeresspiegels und der damit verbundene Anstieg des Grundwasserspiegels sowie die Zunahme der Küstenerosionstendenzen erfordern zusätzliche Anstrengungen beim Schutz der Küstengebiete und begründen wesentliche neue Gesichtspunkte für die Entwicklung der Küstenlandschaften.
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Pegeldatenbank der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) Haupttabelle Wasserstände ausgewählter Einzelpegel	
Räumliche Auflösung:	Punktdaten	NUTS: Nicht relevant
Geographische Abdeckung:	Nord- und Ostsee anhand von drei Einzelpegeln an der Nordsee (Borkum, Cuxhaven, Wittdün) und drei Einzelpegeln an der Ostsee (Kiel, Travemünde, Sassnitz)	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, Cuxhaven (Nordsee) seit 1843 Travemünde (Ostsee) seit 1853 Kiel (Ostsee) seit 1901 Wittdün (Nordsee) seit 1936 Sassnitz (Ostsee) seit 1953 Borkum (Nordsee) seit 1963	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	KM-I-2_Daten_Meeresspiegel.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	DIN Definition MTmw (mittleres Tidemittelwasser): arithmetischer Mittelwert des Wasserstands der waagerechten Schwerlinie einer Tidekurve (DIN 4049) über eine Zeitspanne (hier 1 Jahr).
-----------------	---

	MW (Mittelwasserstand): arithmetischer Mittelwert der Wasserstände (DIN 4049) über eine Zeitspanne (hier 1 Jahr). SSA: Die singuläre Spektralanalyse (SSA) ist in der Zeitreihenanalyse eine nichtparametrische spektrale Schätzmethode. Das Verfahren kombiniert Elemente der klassischen Zeitreihenanalyse, multivariate Statistik, multivariate Geometrie, dynamische Systeme und Signalverarbeitung.
Weiterführende Informationen:	Church J.A., Clark P.U., Cazenave A., Gregory J.M., Jevrejeva S., Levermann A., Merrifield M.A., Milne G.A., Nerem R.S., Nunn P.D., Payne A.J., Pfeffer W.T., Stammer D., Unnikrishnan A.S. 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. doi: 10.1017/CBO9781107415324.026 Dangendorf S., Wahl T., Hein H., Jensen J., Mai S., Mundersbach C. 2012: Mean sea level variability and influence of the North Atlantic Oscillation on long-term trends in the German Bight. Water, 4(1), 170-195. Hein H, Mai S., Barjenbruch U. 2014: Klimabedingt veränderte Tidekennwerte und Seegangsstatistik in den Küstengewässern. BfG, Koblenz. doi.bafg.de/KLIWAS/2014/Kliwas_33_2014_2.03.pdf Jensen J., Dangendorf S., Wahl T., Steffen H. 2014: Meeresspiegeländerungen in der Nordsee: Vergangene Entwicklungen und zukünftige Herausforderungen mit einem Fokus auf die Deutsche Bucht. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 58 (4), 304–323. doi: 10.5675/HyWa_2014,6_1. UBA – Umweltbundesamt 2009: Klimawandel und marine Ökosysteme. Meeresschutz ist Klimaschutz. Dessau-Roßlau. 62 S. www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimawandel-marine-oekosysteme

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbe-schaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Datenverar-beitung:	1	direkte Datenübernahme
	<u>Erläuterung:</u> Die Indikatorwerte werden durch die BfG bereitgestellt. Die Daten werden durch die verschiedenen pegelbetreibenden Wasser- und Schifffahrtsämter erfasst und geprüft, aber zentral durch die BfG bereitgestellt. Die Aufbereitung der Daten ist in geringem Umfang notwendig. Eine zusätzliche Prüfung der Daten ist notwendig. Die Berechnung des Tidemittelwassers sowie die Berücksichtigung von Landsenkungen sind mit merklichem Zeitaufwand verbunden. Die Übernahme der von der BfG gelieferten Indikatorwerte in das DAS-Indikatorensystem ist nicht mit einem nennenswerten Zusatzaufwand verbunden. Für die Übernahme der jeweils aktuellen Daten in das Daten-Factsheet ist ca. 1 Stunde zu kalkulieren.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) (Federal Maritime and Hydrographic Agency)		

	<u>Erläuterung:</u> Im BfG Projekt KLIWAS 2.03 wurden Methodiken für gemittelte Werte über verschiedene Pegel erarbeitet und Trends für einzelne Pegel und Gebiete berechnet. Eine Verwendung der Verfahren aus KLIWAS für die Übernahme in das DAS-Indikatorensystem ist derzeit nur bedingt möglich.
--	--

VII Darstellungsvorschlag

