

Indikator-Factsheet: Küstenmorphologie

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Maximilian Gabriel) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3720 48 101 0	
Mitwirkung:	Bearbeitet in Zusammenarbeit mit der LAWA Kleingruppe Klimaindikatoren: Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg (StALU MM), Abteilung Küste (Knut Sommermeier)	
Letzte Aktualisierung:	26.05.2022	Bosch & Partner GmbH (Maximilian Gabriel): Ersterstellung des Indikators
	26.10.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Einarbeitung von Anmerkungen aus der IMAA-Abstimmung
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:	nach 2023	Es gilt, weitere Datengrundlagen zu erschließen, um zukünftig auch Aussagen zu anderen Küstentypen oder zur Nordseeküste zu ermöglichen. Aktuell liegen aus anderen Bundesländern oder zu weiteren Küstenabschnitten keine Daten in einer ähnlich hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung wie zur Fallstudie in Mecklenburg-Vorpommern vor. In Schleswig-Holstein wird aber an einer Pilotstudie gearbeitet, aus der sich möglicherweise eine Erweiterung der Fallstudie für den nächsten Monitoringbericht ableiten lässt.

I Beschreibung

Interne Nr. KM-I-4	Titel: Küstenmorphologie
	Fallstudie für einen repräsentativen Küstenabschnitt auf dem Fischland in Mecklenburg-Vorpommern
Einheit: cm	Kurzbeschreibung des Indikators: Durchschnittliche jährliche Küstenerosion entlang eines 3 km langen repräsentativen Steilküstenabschnitts an der Ostsee gemessen am Rückgang der Kliffoberkante
	Berechnungsvorschrift: <u>1. Schritt:</u> Überführung der Befliegungsdaten in eine GIS-Software, anschließend Extraktion der Küstenlinien (Kliffoberkante) derjenigen zwei Jahre, die den jeweiligen Jahresschritt begrenzen <u>Schritt 2:</u> Polygonisierung der Zwischenräume zwischen den beiden Küstenlinien <u>Schritt 3:</u> Manuelle Löschung von Polygonen, die durch Messfehler einen vermeintlichen Zuwachs an der Kliffoberkante bedeuten <u>4. Schritt:</u> Ermittlung des Gesamtabtrags durch Summieren der Fläche aller verbleibenden Polygone

	5. Schritt: Bildung des Quotienten aus ermitteltem Gesamtabtrag und Länge der (pro Jahresschritt jeweils kürzeren) Küstenlinie
Interpretation des Indikatorwerts:	Je höher der Indikatorwert ist, desto höher ist die durchschnittliche Küstenerosion entlang des ausgewählten Küstenabschnitts gegenüber dem jeweiligen Vorjahr.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Küsten- und Meeresschutz
Themenfeld:	Küste, Wattenmeere, Ästuare
Thematischer Teilaspekt:	Veränderung der Topographie, Morphodynamik und des Sedimenthaushalts an der Küste und in Ästuaren
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Klimafolgenmonitoring Schleswig-Holstein (in Vorbereitung): Mittlerer jährlicher Rückgang der Steiluferoberkante, Fallstudie Brodtener Ufer – Indikator bisher nur im Entwurf
Begründung:	Die deutsche Ostseeküste ist geprägt von einem Wechsel aus morphologisch unterschiedlichen, zumeist aus Lockergestein aufgebauten Flach- und Steilküstenabschnitten. Die langfristige Entwicklung der Küstenlinie basiert auf einem komplexen System aus natürlichen Erosions-, Abrasions-, Verfrachtungs- und Akkumulationsprozessen. Diese werden maßgeblich von einem windinduzierten Energieeintrag durch Seegang und daraus resultierenden Strömungen gesteuert (Schwarzer et al. 2000). Insbesondere an den Steilküsten der Ostsee tragen auch Starkniederschläge und Frost-Tau-Wechsel zur Küstenerosion bei. Weltweit stehen die Küstenregionen unter zunehmendem Druck. Dieser geht einerseits von einer immer intensiveren Nutzung der Küsten durch den Menschen aus, beispielsweise für touristische Zwecke, andererseits trägt der Klimawandel zu einer wachsenden Gefährdung der Küstenregionen bei. Die klimatischen Veränderungen wirken sich dabei direkt auf den natürlichen Prozess der Küstenerosion aus. Insbesondere Extremwetterereignisse wie Starkregenfälle oder Stürme bzw. Sturmfluten, die im Zuge des Klimawandels häufiger und mit einer höheren Intensität auftreten, können zu morphologischen Veränderungen führen. Besonders betroffen sind dabei sandige Flachküstenabschnitte und Steilküsten aus Lockergestein. Der globale Anstieg des Meeresspiegels fördert den Materialabtrag auf lange Sicht zusätzlich (IPCC 2021, Weisse et al. 2021, Schumacher 2008). Die Erosion an Steilküsten folgt einem zyklischen Muster: Zunächst kommt es zum Abtrag der vorgelagerten Kliffhalde. Wird anschließend weiteres Material vom Klifffuß erodiert, entsteht eine Hohlkehle. Aufgrund des daraus resultierenden Überhangs und der Instabilität des Kliffs sind Abrüche und Rutschungen mit Bildung einer neuen Kliffhalde die Folge. Im Rahmen dieses kontinuierlichen und zyklischen Prozesses verlagert sich die Kliffoberkante über die Zeit landeinwärts. Unter extremen Bedingungen, beispielsweise bei Sturmfluten, und den entsprechend schnelleren und intensiveren Abtragungsprozessen, kommt es unter diesen Bedingungen auch entsprechend schneller und häufiger zu Rückverlagerungen der Kliffoberkante. Entlang der Ostsee beklagen zahlreiche Gemeinden eine Verschiebung von Stränden und den verstärkten Rückgang der Küste durch den intensiveren

	Abtrag (Koerth & Sterr 2012). Die Veränderung und der Rückgang der Küste bedeuten für die Ostseeanrainer wirtschaftliche Risiken. Vielfach sind die betroffenen Gemeinden auf eine touristische Nutzung der Küsten ausgerichtet und in hohem Maße von einer intakten und sicheren Küste für eine dauerhafte Nutzung abhängig. Zudem kann der Rückgang zu massiven Standortproblemen führen und eine Gefahr für die küstennahe Infrastruktur darstellen. Auch als Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten gehen die abgetragenen Strukturen verloren. Eine Verlagerung touristischer Aktivität infolge der veränderten Küstenlinie in bisher touristisch ungenutzte Bereiche kann darüber hinaus Lebensräume für seltene Arten bedrohen (Schumacher 2008).
Einschränkungen:	Der Indikator bildet als Fallstudie nur einen kleinen Ausschnitt der deutschen Küstenlinie ab. Zwar handelt es sich bei dem ausgewählten Küstenabschnitt um einen repräsentativen Steilküstenbereich, der aufgrund seiner fehlenden Uferbefestigungen die natürlichen und klimatisch beeinflussten Erosionsprozesse gut abbildet. Dennoch lässt er nur bedingt Rückschlüsse auf den Küstenrückgang an anderen Küstentypen oder an der Nordsee zu. Die Befliegung des ausgewählten Küstenabschnitts erfolgt nicht standardisiert. Durch eine Aufnahme, die zwar stets in dieselbe Saison fällt, aber nicht taggleich erfolgt, sind die einzelnen Jahresschritte nicht exakt von gleicher Dauer. Zudem unterscheidet sich die Länge des aufgenommenen Küstenabschnitts von Jahr zu Jahr um einige Meter. Potenziell sehr stark oder weniger stark erodierende Küstenbereiche an den Enden des Küstenabschnitts werden so möglicherweise nicht in jedem Jahr berücksichtigt. Dies kann sich auf den durchschnittlichen jährlichen Abtrag auswirken und die Vergleichbarkeit der Daten zwischen den Jahren verringern. Die Erhebung der Daten ist durch technisch bedingte Ungenauigkeiten bei der Befliegung mit Fehlern behaftet. Dadurch kommt es zu Überschneidungen der aufgezeichneten Linien, die zum Teil einen Küstenzuwachs an der Kliffoberkante anzeigen. Diese Bereiche müssen aus der Analyse ausgeschlossen werden. Die technischen Ungenauigkeiten bei der Datenerhebung sowie bei der Analyse in der GIS-Software reduzieren die Gesamtgenauigkeit des Indikators. Die Entwicklung der Küstenerosion kann wesentlich durch anthropogene Gegenmaßnahmen wie Sandvorspülungen beeinflusst werden. Dies ist bei der Interpretation der Zeitreihe zu berücksichtigen.
Erläuterungen zur Fallstudie:	Grundlage für die Fallstudie sind Laserbefliegungsdaten zu einem rund drei Kilometer langen Küstenabschnitt auf dem Fischland in Mecklenburg-Vorpommern. Bei dem ausgewählten Abschnitt handelt es sich um eine Steilküste zwischen den Gemeinden Wustrow und Ahrenshoop. Der Küstenabschnitt ist nicht mit Schutzanlagen ausgerüstet und touristisch wenig genutzt. Dadurch ist er besonders repräsentativ für natürliche Erosions- und Rückverlagerungsprozesse, die infolge des Klimawandels in besonderer Weise angetrieben werden. Er hat zudem – aufgrund der dort stattfindenden Materialverlagerungen – große Bedeutung für den Küstenschutz der benachbarten Küstenabschnitte. Die Befliegungen finden im Herbst und – mit einigen Ausnahmen zu Beginn der Zeitreihe – jährlich statt. <u>Perspektiven für eine bundesweite Darstellung des Indikators:</u> Zukünftig könnte die Fallstudie durch Berücksichtigung weiterer Küstenabschnitte zu einem bundesweiten Indikator ausgebaut werden. Relevant ist dabei nicht nur die Betrachtung weiterer Steilküstenabschnitte, beispielsweise auch an der Nordsee, sondern auch anderer Küstentypen entlang der deutschen Nord- und Ostseeküste. Voraussetzung für die Ausweitung der Fallstudie sind verlässliche Daten mit jährlicher Aktualisierung. Derzeit lässt sich die Datenverfügbarkeit noch schwer einschätzen. Möglicherweise können aus Schleswig-Holstein Daten bereitgestellt werden. Von Interesse ist dabei beispielsweise der aktuell im Zuge des Klimafolgenmonitorings Schleswig-Holstein

	in der Entwicklung befindliche Indikator zum mittleren jährlichen Rückgang der Steiluferoberkante am Brodtener Ufer. Außerdem werden auch in Mecklenburg-Vorpommern an weiteren Küstenabschnitten Befliegungen durchgeführt.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	• Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) • Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken 2007 (EU-HWRM-RL) • Nationale Strategie für ein Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) (BMU 2006) • Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels vom 23.01.2013 (MKRO 2013), beschlossen von der Ministerkonferenz für Raumordnung am 06.02.2013
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen	Kap. 3.2.3: Häufigkeit und Höhe von Sturmfluten könnten zunehmen. 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. Kap. 3.2.5: Negative Folgen werden besonders für [...] solche Arten erwartet, die auf Gewässer und Feuchtgebiete oder kleinräumige Sonderstandorte spezialisiert sind. Denn diese Lebensräume bieten z. T. keine Ausweichmöglichkeiten bei Klimaveränderungen. Sie könnten besonders gravierenden Veränderungen durch den Klimawandel unterliegen, z. B. [...] den Meeresspiegelanstieg. Das sensible Ökosystem Wattenmeer könnte stark gefährdet sein, wenn durch dauerhafte Überflutung und Erosion Lebensräume verloren gingen.
Ziele:	DAS 2008: Kap. 3.2.14: An der Küste und auf den Inseln sind die raumordnerischen Voraussetzungen zu schaffen, um den Schutz gegen zunehmende Sturmflut- und Hochwasserrisiken auch zukünftig nach Möglichkeit zu gewährleisten. EU-HWRM-RL 2007: Art 7.1.: Auf der Grundlage der Karten nach Artikel 6 erstellen die Mitgliedstaaten auf Ebene der Flussgebietseinheiten oder Bewirtschaftungseinheiten (nach Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe b) für die Hochwasserrisikogebiete (nach Artikel 5 Absatz 1 sowie nach Artikel 13 Absatz 1 Buchstabe b) koordinierte Hochwasserrisikomanagementpläne (im Einklang mit den Absätzen 2 und 3 des vorliegenden Artikels). Art 7.3.: Die Hochwasserrisikomanagementpläne umfassen Maßnahmen zur Erreichung der gemäß Absatz 2 festgelegten Ziele und beinhalten ferner die in Teil A des Anhangs beschriebenen Bestandteile. Die Hochwasserrisikomanagementpläne erfassen alle Aspekte des Hochwasserrisikomanagements, wobei der Schwerpunkt auf Vermeidung, Schutz und Vorsorge, einschließlich Hochwasservorhersagen und Frühwarnsystemen, liegt, und die besonderen Merkmale des betreffenden Einzugsgebietes bzw. Teileinzugsgebietes berücksichtigt werden. Die Unterstützung nachhaltiger Flächennutzungsmethoden, die Verbesserung des Wasserrückhalts und kontrollierte Überflutungen bestimmter Gebiete im Falle eines Hochwasserereignisses können ebenfalls in die Hochwasserrisikomanagementpläne einbezogen werden. IKZM 2006: S. 6f.: Die Empfehlung sieht vor, dass die Mitgliedstaaten unter Berücksichtigung der Strategie für nachhaltige Entwicklung und des Beschlusses des Europäischen Parlaments und des Rates über das sechste Umweltaktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft bei dem Management ihrer Küstengebiete einen strategischen Ansatz verfolgen, [...] der eine Vorsorge in Hinblick

	auf die den Küstengebieten infolge der Klimaänderungen drohenden Gefahren gewährleistet. MKRO 2013: Kap. 3.2: Das Handlungskonzept identifiziert folgende Handlungsbedarfe: Sicherung des Raumbedarfs für Kleientnahmestellen und marine Sandentnahmestellen für Küstenschutz Zwecke, Freihaltung von Bereichen vor und hinter Küstenschutzanlagen von konkurrierenden Nutzungen, Freihaltung von Pufferzonen an ungeschützten Erosionsküsten, Festlegung von überflutungsgefährdeten Bereichen hinter Küstenschutzanlagen, Anpassung von Infrastruktur an den Katastrophenschutz, Nutzungsregelungen in besonders tief liegenden Gebieten, Risikominimierung in nicht ausreichend sturmflutgeschützten Gebieten, Risikokommunikation, Entwicklung und Erprobung von Zukunftsstrategien.
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg: Laserbefliegung des ausgewählten Küstenabschnitts	
Räumliche Auflösung:	Linien Daten	nicht relevant
Geographische Abdeckung:	Steilküstenabschnitt zwischen Wustrow und Ahrenshoop in Mecklenburg-Vorpommern	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, keine Daten für 2008 bis 2011 sowie 2014	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheets:	KM-I-4_Kuestenmorphologie.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	Abrasion: Abtrag an Küsten und Ufern durch die schleifende Wirkung von lockerem Material, das durch die Einwirkung des Wassers in Bewegung versetzt wird Akkumulation: Ablagerung und Anhäufung von Material bzw. Sediment Kliffhalde: Menge von herabgestürzt und noch nicht durch Abrasion abgetragenen Gesteinsschutt am Klifffuß
Weiterführende Informationen:	IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3-32. doi: 10.1017/9781009157896.001 Koerth R. & Sterr H. 2012: Ostseegemeinden im Klimawandel – Interviews mit Gemeindevertretern im Klimabündnis Kieler Bucht. RADOST-Berichtsreihe, Bericht Nr. 12, 20 S. Schumacher S. 2008: Sandstrände der deutschen Ostseeküste – Gefährdung, Schutz und Ökologie der Wirbellosen. IKZM-Oder Berichte, Bericht Nr. 53, 150 S.

	Schwarzer K., Schrottke P., Stoffers P., Kohlhasse S., Fröhle P., Fittschen T., Mohr K., Riemer J., Weinhold H. 2000: Einfluss von Steiluferabbrüchen an der Ostsee auf die Prozessdynamik angrenzender Flachwasserbereiche. – Abschlussbericht. Kiel (Inst. f. Geowissenschaften), 209 S. Weisse R., Dailidienė I., Hünicke B., Kahma K., Madsen K., Omstedt A., Parnell K., Schöne T., Soomere T., Zhang W., Zorita E. 2021: Sea level dynamics and coastal erosion in the Baltic Sea region. In: Earth System Dynamics, Heft 12: 871-898. doi: 10.5194/esd-12-871-2021
--	---

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	eine datenhaltende Institution; Daten müssen bei der datenhaltenden Institution angefragt werden.
	Daten-verarbeitung:	3	Der Datensatz muss weiterverarbeitet werden. Der Aufwand für die Weiterverarbeitung der Daten ist durch die manuell durchzuführenden und zeitintensiven Bearbeitungsschritte in der GIS-Software hoch.
	<u>Erläuterung:</u> Die Befliegungsdaten müssen jährlich angefragt und anschließend mit einer GIS-Software ausgewertet werden; die einzelnen Verarbeitungsschritte in der GIS-Software sind zeitintensiv und können nicht automatisiert werden, da einzelne Polygone individuell ausgewählt und aus dem Datensatz entfernt werden müssen. Für die Fortschreibung ist deshalb ein Aufwand von ca. 1 Tag einzukalkulieren.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Koordinationsstelle		
	<u>Erläuterung:</u> keine		

VII Darstellungsvorschlag

