

Semesterthema Klimawandel

Der Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste



Abbildung eins: Die Elbterrassen in Otterndorf bei Sturmflut. Quelle: Niclas Roese.

2017/2018, Seminar bei Frau Gellert. Von Tim Dommermuth und Ben Kurrat.

Erstellt im Auserarbeitszeitraum vom 22.05.2018 bis zum 13.08.2018

Inhaltsverzeichnis

Überschrift	Seitenzahl
1. Einleitung	2
2. Die deutsche Nordseeküste	3
3. Der Meeresspiegelanstieg	4
3.1. Ursachen des Meeresspiegelanstiegs	5
3.1.1. Sterischer Meeresspiegelanstieg	5
3.1.2. Thermosterischer Meeresspiegelanstieg	5
3.1.3. Halosterischer Meeresspiegelanstieg	5
3.1.4. Eustatischer Meeresspiegelanstieg	6
3.2. Der zukünftige Meeresspiegelanstieg	6
4. Auswirkungen und Folgen auf die deutsche Nordseeküste	7
4.1. Verstärkende Einflüsse	9
5. Fazit	10
6. Quellenverzeichnis	11
7. Abbildungsverzeichnis	12

1. Einleitung

Wir wollen zunächst erklären, warum wir uns in dieser Ausarbeitung mit dem Meeresspiegelanstieg auseinandersetzen und folglich auch, warum wir uns für das Raumbispiel der deutschen Nordseeküste entschieden haben. Als wir zum ersten Mal von unserer Aufgabe erfahren haben, waren wir uns sehr schnell einig, dass wir den Meeresspiegelanstieg untersuchen und uns ausführlich mit diesem auseinandersetzen wollen. Wir haben beide sowohl in den Nachrichten, Zeitungen und anderen Medien, als auch im Geographieunterricht, von einem durch mehrere Faktoren bedingten Anstieg des Meeresspiegels erfahren und waren schon vor der Aufgabe fasziniert von dieser direkten Folge des Klimawandels. Auf der Suche nach einem Raumbispiel, an dem wir die Veränderungen des Meeresspiegels konkret zeigen und erläutern können, haben wir uns aus verschiedenen Gründen für die deutsche Nordseeküste entschieden. Zum einen empfinden wir beide die Untersuchung eines lokalen Bereiches, um den es sich bei der Nordsee von Hamburg aus sicherlich handelt, als deutlich greifbarer und interessanter, als die Untersuchung fremder weit entfernter Gebiete, oder Länder, wie zum Beispiel Bangladesch, mit denen man sich kaum identifizieren kann. Zum anderen verbindet uns persönlich etwas mit unserer Nordseeküste. Wir kennen die deutsche Nordsee von klein auf und haben beide einige schöne Urlaube dort verbracht und sind natürlich sehr neugierig zu erfahren, was sich in einem unserer Lieblingsorte verändern wird und welchen Einfluss der Anstieg im Hinblick auf zukünftige Urlaube auch auf uns hat.

In unserer Ausarbeitung gehen wir wie folgt vor:

Als Erstes sehen wir uns die geographische Lage der Deutschen Bucht genau an und benennen deren Bedeutung für die Wirtschaft, den Tourismus und die Flora und Fauna. Der Meeresspiegelanstieg wird in mehrere Bereiche gegliedert und hat auch in der Vergangenheit schon Spuren hinterlassen. Die verschiedenen Ursachen und Auswirkungen werden in unserer Ausarbeitung ebenfalls erörtert und es werden Prognosen für mögliche Zukunftsszenarien aufgestellt. Der Text beschränkt sich, wie erläutert, auf den Meeresspiegelanstieg an der Deutschen Nordseeküste und beinhaltet die von uns aufbereiteten Daten aus dem DKRZ, welche wir in unseren Grafiken verwenden.

2. Die deutsche Nordseeküste

Mit einer Küstenlänge von circa 1300 Kilometern nimmt die deutsche Nordseeküste einen erheblichen Anteil der deutschen Grenze ein und bietet durch ihre unverwechselbaren Strände, Wattenmeer, Inseln und Küstenstädte eine ideale Erholungsmöglichkeit für uns Menschen, sowie einen wichtigen Lebensraum für die Tier- und Pflanzenwelt¹.

Verortung:

Die Nordsee ist ein Randmeer des atlantischen Ozeans und wird von den folgenden Ländern umschlossen: Deutschland, Dänemark, Norwegen, Großbritannien, Frankreich, Belgien und der Niederlande. Da wir uns in unserer Ausarbeitung mit der deutschen Nordseeküste auseinandersetzen, fokussieren wir uns räumlich hauptsächlich auf die deutsche Bucht. Sie erstreckt sich über eine Fläche von rund 77.000 km², davon sind 30.000 km² Wattenmeer. Die deutsche Bucht reicht geographisch in Küstennähe von den westfriesischen Inseln der Niederlande über die Ost- und Nordfriesischen Inseln Deutschlands bis hin zu den dänischen Wattenmeer-Inseln im Norden. Im Nordwesten wird die deutsche Bucht von der Doggerbank, einer sich nur wenige Meter unter der Meeresoberfläche befindlichen Sandbank, abgegrenzt². In die deutsche Bucht münden einige auch für die Schifffahrt bedeutende Flüsse wie: Eider, Elbe, Weser, Jade und Ems³.

Bedeutung für Wirtschaft, Tourismus und Flora/Fauna:

Die in die deutsche Bucht mündende Elbe wird nach wie vor als eine der wichtigsten Schifffahrtsstraßen, nicht nur national, sondern auch international, angesehen. Der Hamburger Hafen, der drittgrößte Europas, ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor für den Import und Export von Deutschland⁴. Auch für den Tourismus innerhalb Deutschlands ist die Nordseeküste von großer Bedeutung. Die zahlreichen Nord- und Ostfriesischen Inseln sind ein beliebtes Urlaubs- und Ausflugsziel und bieten durch weite Strände viel Platz für Erholung. Besonders hinsichtlich unseres Themas, dem Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste, müssen auch die Flora und Fauna betrachtet werden, da diese primär von Folgen des Meeresspiegelanstiegs beeinflusst werden. Die deutsche Nordseeküste beherbergt zahlreiche Naturschutzgebiete und das Wattenmeer, die von einem drohenden Anstieg des Meeresspiegels mit hoher Wahrscheinlichkeit betroffen wären und dieser somit eine Bedrohung für die Biodiversität der Nordsee darstellen könnte⁵.

¹ vgl. CHRISTIANSEN, T.; SCHÜRMAN, H.-C. (2007): Die Nordseeküste.

² WIKIPEDIA (ohne Autor) (2018) (a): Doggerbank.

³ WIKIPEDIA (ohne Autor) (2018) (b): Deutsche Bucht.

⁴ vgl. HANDELSBLATT (2014): Das sind Europas größte Frachthäfen.

⁵ vgl. NATIONALPARK WATTENMEER (ohne Jahr): Weltnaturerbe Wattenmeer: Artenvielfalt.

3. Der Meeresspiegelanstieg

Der Meeresspiegelanstieg ist wohl eine der gravierendsten Folgen des anthropogen verursachten Klimawandels und stellt ein globales Problem dar. Etwa 2.000.000km² der Landfläche auf der Erde liegen weniger als 2m über dem mittleren Meeresspiegel, was ungefähr der 5 ½ fachen Fläche Deutschlands entspricht⁶. In diesen Gebieten haben sich nicht nur Flora und Fauna artenreich angesiedelt, sondern auch die Menschen. So gehören Küsten zu den am dichtesten besiedelten Regionen der Erde, was durch den Fakt bestätigt wird, dass acht der aktuell zehn größten Städte der Welt, in Küstenbereichen liegen. Es liegt auf der Hand, dass die Frage nach dem zukünftigen Entwicklung des Meeresspiegels für die Menschen von hoher Bedeutung ist und dementsprechend erforscht wird⁷.

In der Vergangenheit erwies es sich als sehr anspruchsvoll den Anstieg des globalen Meeresspiegels zu messen und zu beobachten. Die einzige Möglichkeit bestand bis zu Anfang der 1990er Jahre darin, Pegelmessungen an den Küsten und Inseln durchzuführen. Das größte Problem dieser Messung bestand jedoch darin, dass lediglich genaue Aussagen über lokale Änderungen getroffen werden konnten, nicht aber über die durchschnittliche globale Änderung. Erst seit 1991 erlauben die Fortschritte der Technologie durch spezielle Satellitenprojekte eine genauere Messung der globalen Meeresspiegeländerungen. Durch die Satelliten wurde zum Beispiel entdeckt, dass der Meeresspiegel sich nicht überall gleich stark verändert, sondern, beispielsweise durch tektonische Aktivitäten, lokale Unterschiede auftreten können. Die Messung erfolgt hierbei durch elektromagnetische Wellen, die den Abstand vom Satelliten zur Meeresoberfläche messen, anhand dieser Daten können die Satelliten Meeresspiegeländerungen feststellen⁸.

Meeresspiegelveränderungen in der Vergangenheit:

In den vergangenen mehreren tausenden Jahren hat es viele extreme Schwankungen des globalen Meeresspiegels gegeben, so dass innerhalb von mehreren Jahrhunderten durchaus Schwankungen im Bereich von 10m aufgetreten sind. Mit den vergangenen Eiszeiten hat sich die Frequenz dieser Schwankungen deutlich erhöht. In den Kaltzeiten bildeten sich auf dem Land enorme Eismassen, deren Entstehen den Ozeanen Wasser entzog und so den Meeresspiegel deutlich sinken ließen. Ein starker Anstieg des Selbigen erfolgte wiederum in der darauffolgenden Warmzeit, aufgrund des Abschmelzens der kontinentalen Eismassen. Die letzte maximale Vereisung der Erde liegt etwa 20.000 Jahre zurück. Der globale Meeresspiegel lag damals 120-125m tiefer als heute. Es folgte der Übergang in die nächste Warmperiode, in der es in unregelmäßigen Abständen sogenannte Schmelzwasserpulse gab, die den Meeresspiegel in kurzer Zeit stark ansteigen ließen. Die Auslöser für diese Schmelzwasserpulse waren vor allem das Kalben (das Abbrechen von Eismassen, meist von im Wasser endenden Gletschern⁹) von Eis- und Gletschermassen. Bis vor etwa 6.000 Jahren hielt dieser

⁶ WIKIPEDIA (ohne Autor) (2018) (c): Deutschland.

⁷ KLIMAWIKI (2017) (a): aktueller Meeresspiegelanstieg.

⁸ Ebd.

⁹ WIKIPEDIA (ohne Autor) (2018) (d): Kalben (Glaziologie).

teilweise extreme Anstieg an, während sich der Meeresspiegel in den darauffolgenden Jahren bis zur heutigen Zeit vergleichsweise wenig verändert hat¹⁰.

3.1. Ursachen des aktuellen globalen Meeresspiegelanstiegs

Während in den letzten Kalt- und Warmzeiten (siehe „Meeresspiegelveränderungen in der Vergangenheit“ S. 4f.) die Bildung von großen Eismassen und deren Abschmelzen die Hauptursache der starken Veränderung des Meeresspiegels war, gibt es für die aktuelle Veränderung der letzten 100 Jahre und insbesondere der starken Veränderungen seit 2010 zwei (vor allem anthropogen verursachte) Hauptgründe: der sterische Meeresspiegelanstieg und der eustatische Meeresspiegelanstieg¹¹.

3.1.1. Sterischer Meeresspiegelanstieg

Der sterische Meeresspiegelanstieg wird in zwei verschiedene Ursachen unterteilt:

den thermosterischen und den halosterischen Meeresspiegelanstieg.

3.1.2. Thermosterischer Meeresspiegelanstieg

Unter dem thermosterischen Meeresspiegelanstieg versteht man einen Anstieg des Meeresspiegels bedingt durch eine thermale Expansion des Meerwassers¹², also eine temperaturbedingte Ausdehnung des Ozeans. Wasser besitzt die Eigenschaft, bei Erwärmung an Dichte abzunehmen und gleichzeitig an Volumen zuzunehmen und steigt folglich bei Wärmezufuhr an. Eine voranschreitende globale Erwärmung trägt also zur weiteren Ausdehnung des Meerwassers bei. Seit den 50er Jahren zeigt die Erwärmung des Ozeans einen deutlichen Aufwärtstrend, der primär mit dem anthropogenen Treibhauswandel zu begründen ist. Dabei muss erwähnt werden, dass es auch beim thermosterischen Meeresspiegelanstieg natürliche Schwankungen durch Meeresströmungen und unterschiedliche regionale Wärmeverteilungen gibt. Mit ca. 30% Anteil am Meeresspiegelanstieg (Stand: 2014) ist die Ausdehnung des Meerwassers durch Erwärmung maßgeblich am globalen Anstieg beteiligt¹³.

3.1.3. Halosterischer Meeresspiegelanstieg

Ein eher unbedeutender, aber nicht zu vernachlässigender Faktor der Ausdehnung des Meerwassers, ist der halosterische Anstieg. Durch eine Verringerung des Salzgehalts des Meerwassers nimmt, wie auch bei der Wärmezufuhr, die Dichte des Wassers ab. Die Verringerung des Salzgehalts kann mehrere Ursachen haben, wie zum Beispiel den Zufluss von Süßwasser in die Ozeane. Dieser Effekt macht jedoch nur ca. 10% des thermosterischen Meeresspiegelanstiegs aus¹⁴.

¹⁰ Vgl. World Ocean Review (2010): Der Meeresspiegelanstieg . eine unausweichliche Bedrohung.

¹¹ Vgl. KASANG, D. (ohne Jahr) (a): Ursachen des Meeresspiegelanstiegs.

¹² Vgl. Kasang, D. (ohne Jahr) (b): Meeresspiegelanstieg durch Ausdehnung (sterisch).

¹³ Vgl. KLIMAWIKI (2018): Ursachen des aktuellen Meeresspiegelanstiegs.

¹⁴ Vgl. KLIMAWIKI (2018): Ursachen des aktuellen Meeresspiegelanstiegs.

3.1.4. Eustatischer Meeresspiegelanstieg

Unter dem eustatischen Meeresspiegelanstieg versteht man einen Anstieg des Meeresspiegels durch Wasserzufuhr. Hauptquellen dieser Wasserzufuhr sind Schmelzwässer von Gletschern und Eiskappen, sowie von den Eisschilden in Grönland und in der Antarktis. Das Abschmelzen der Gletscher, Eiskappen und Eisschilde sind direkte Folgen des anthropogen verursachten Klimawandels. So lag der Beitrag des eustatischen Anstiegs am globalen Meeresspiegelanstieg zwischen den Jahren von 1961 bis 2003 bei durchschnittlich 0,5cm pro Jahrzehnt und in der Spanne von 1994 bis 2003 schon bei durchschnittlich 0,93cm¹⁵. Der Einfluss des voranschreitenden Klimawandels lässt sich besonders beim eustatischen Anstieg klar erkennen. Während der Hauptanteil des Meeresspiegelanstieges im 20. Jahrhundert auf den sterischen (hauptsächlich den thermosterischen) Anstieg zurückzuführen war, hat sich die Verteilung in den letzten Jahren verändert. „Nach dem IPCC-Bericht von 2013 kommt für den Zeitraum 1993-2010 dem eustatischen Anstieg des Meeresspiegels [...] ein deutliches Übergewicht gegenüber dem sterischen Anstieg zu.“¹⁶ Demnach ist der sterische Anstieg für einen Meeresspiegelanstieg von 1,1mm/Jahr verantwortlich und der eustatische Anstieg für insgesamt 1,84mm/Jahr. Der übergewichtige Anteil des eustatischen Anstiegs gegenüber dem sterischen Anstieg nimmt nach aktuelleren Untersuchungsspannen weiter zu und machte so im Zeitraum von 2005 bis 2011 drei Viertel des Meeresspiegelanstieges aus¹⁷.

3.2. Der zukünftige globale Meeresspiegelanstieg

Es erweist sich als sehr schwer den zukünftigen globalen Meeresspiegelanstieg bis zum Ende des 21. Jahrhunderts vorauszusagen, da man weder die genauen Emissionen der Treibhausgase kennt, noch das Verhalten der großen Gletscher und Eisschilden genau vorhersagen kann. Da der zukünftige Anstieg vor allem mit dem voranschreitenden anthropogenen Klimawandel in Verbindung steht und von diesem beeinflusst wird, hat das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)¹⁸ mehrere RCP-Szenarien (übersetzt in etwa: Repräsentative Konzentrationspfade)¹⁹ entwickelt. Die Szenarien unterscheiden sich untereinander dadurch, dass sie unterschiedlich hohe Emissionen von Treibhausgasen als Basis haben. Das RCP 2.6-Szenario steht dabei für einen relativ unwahrscheinlichen umweltfreundlichen Weg, also einem deutlichen Rückgang der Emissionen im Vergleich zu heute. Das RCP 8.5-Szenario steht folglich für den "worst-case", also ein Fortsetzen der extremen Emissionen. Der jüngste IPCC-Bericht ergab eine Prognose von einem globalen Anstieg von 26-54cm nach dem RCP 2.6-Szenario und bei dem RCP 8.5-Szenario 45-81cm bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Diese Werte könnten jedoch auch weitaus drastischer ausfallen, was auf einen großen Unsicherheitsfaktor zurückgeht: das Abschmelzen des West-Antarktischen Eisschildes²⁰. Es ist nahezu sicher, dass der Meeresspiegelanstieg auch über das 21. Jahrhundert hinaus weiter

¹⁵ KASANG, D. (ohne Jahr) (c): Meeresspiegelanstieg durch Wasserzufuhr (eustatisch).

¹⁶ Vgl. KLIMAWIKI (2018): Ursachen des aktuellen Meeresspiegelanstiegs.

¹⁷ Vgl. KLIMAWIKI (2018): Ursachen des aktuellen Meeresspiegelanstiegs.

¹⁸ vgl. KLIMAWIKI (2016): IPCC.

¹⁹ Vgl. KLIMAWIKI (2017) (b): RCP-Szenarien.

²⁰ Vgl. KLIMAWIKI (2017) (c): Meeresspiegel der Zukunft.

zunehmen wird, wobei die Stärke dieses Vorgangs primär von den zukünftigen Emissionen abhängig ist²¹.

4. Auswirkungen und Folgen des Meeresspiegelanstieges an der deutschen Nordseeküste

Die Auswirkungen des Meeresspiegelanstieges auf die deutsche Nordseeküste wären fatal, was man in unserer Abbildung an den roten Flächen gut erkennen kann. Der Wasserstand soll bis zum Jahr 2030 um 35cm ansteigen, was das flache Gebiet an der Küste gefährden würde.

Die deutsche Nordseeküste ist aufgrund ihrer Lage stark den Gezeiten, dem Tidenhub und der Sturmflut ausgesetzt. Deutschland hat von den Nordseestaaten am meisten unter den verstärkten Sturmfluten zu leiden, was auf seine geographische Lage und auf die vorherrschenden Windrichtungen zurückzuführen ist. Für die deutsche Nordseeküste sind weiterhin das tektonische Absinken und Reibungsverluste von Bedeutung, die mit jeweils 15 cm bis zum Jahr 2050 zum Tidehochwasser beitragen könnten. Im schlimmsten Fall kann ein Meeresspiegelanstieg von 1,80m bis zum Jahr 2100 der Fall sein. Unter diesen Umständen wären bei einem Meeresspiegelanstieg von einem Meter, auch 88% von Bremen und 30% von Hamburg betroffen.

Diese Daten machen den Küstenschutz an der deutschen Nordseeküste unumgänglich. Die jährlichen Kosten für den Hochwasser- und Küstenschutz in Schleswig-Holstein betragen über 30 Millionen Euro und es ist mit steigenden Kosten aufgrund des anhaltenden Klimawandels zu rechnen. Als Folgen des Meeresspiegelanstieges und aufgrund von vermehrt auftretenden Sturmfluten an der Nordseeküste sind eine erhöhte Überflutungs- und Überschwemmungsgefahr, Erosion, sowie Trinkwasserversalzung, Verschlechterung der Böden und Bedrohung des Ökosystems Wattenmeer zu erwarten. Die Küstenregion ist von einer hohen wirtschaftlichen Abhängigkeit von Landwirtschaft, Tourismus und Fischerei gekennzeichnet, was die Bedrohung für die Menschen noch verstärkt.

Der Landverlust würde in der Gesellschaft zur Minimierung von Lebensraum und Ackerfläche führen, wobei auch die Infrastruktur und Arbeitsplätze gefährdet wären. Von besonderer Wichtigkeit ist in der deutschen Küstenregion der Tourismus, der hier bis zu 20 % des Volkseinkommens ausmacht. Die klimafreundliche Windenergie, die an der Küste sehr präsent ist, müsste den Umständen und Gefahren des Meeresspiegelanstiegs angepasst werden, was wiederum hohe Kosten bedeuten würde²².

Auf der von uns angefertigten Karte, die den prognostizierten Meeresspiegelanstieg der Nordsee zwischen 2001-2030 im Vergleich zum Meeresspiegel von 1950 zeigt, ist klar zu erkennen, dass die Insel Sylt und das Gebiet nördlich der Insel dem Meeresspiegelanstieg zum Opfer fallen. Ein Anstieg von 35cm hätte fatale Folgen für Sylt und die benachbarten Inseln, die mit der Zeit immer weiter im Meer versinken

²¹ IPCC (2018): Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments.

²² vgl. <https://germanwatch.org/klima/klideu07.pdf> LINK NICHT GEFUNDEN

würden. Auch an der Küste bei St. Peter Ording hätte der erläuterte Anstieg drastische Konsequenzen. Durch die Gezeiten und die anderen oben genannten Faktoren, sind die Folgen in der Deutschen Bucht größer als an anderen Küsten.

Meeresspiegelanstieg Nordsee 2001-2030 im Vergleich zu 1950

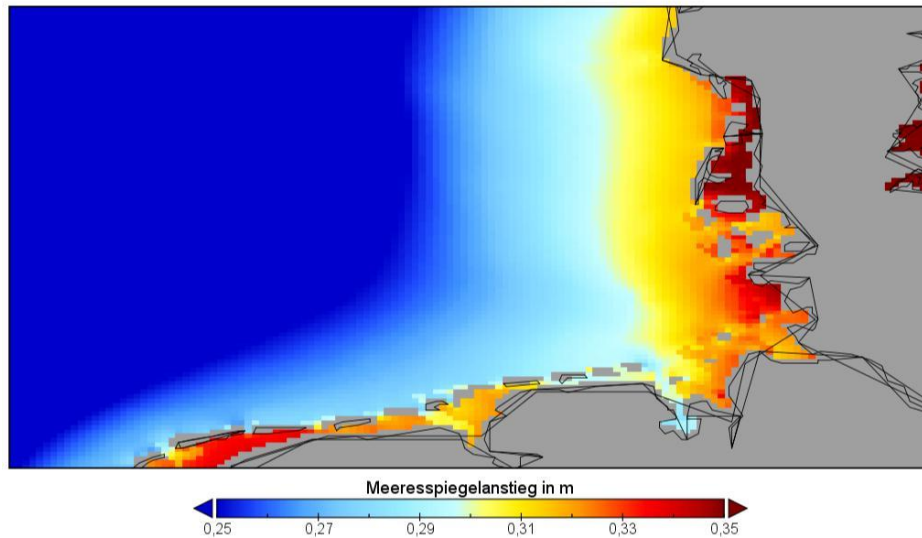


Abbildung zwei: Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste zwischen 2001 und 2030 im Vergleich zu 1950. Grafik mit Daten vom DKRZ mit Hilfe von Panoply selbst erstellt.

Unsere zweite Karte ist zum berechneten voraussichtlichen Meeresspiegelanstieg in der Nordsee im Zeitraum von 2071-2100 im Vergleich zu 1950 und zeigt, dass vor allem in den Regionen um Sylt und St. Peter Ording ein weiterer starker Anstieg zu erwarten ist. Dabei steigt der Meeresspiegel an der Küste Schleswig-Holsteins mit bis zu 80cm etwas stärker als an der niedersächsischen Nordseeküste, jedoch wird mit ca. 70cm auch für die niedersächsische Küste ein drastischer Anstieg prognostiziert.

Meeresspiegelanstieg Nordsee 2071-2100 im Vergleich zu 1950

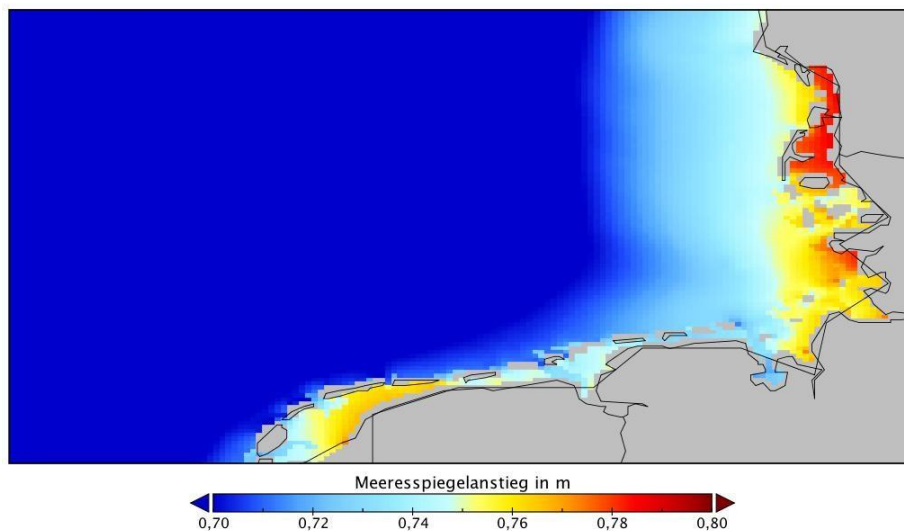


Abbildung drei: Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste zwischen 2071 und 2100 im Vergleich zu 1950. Grafik mit Daten vom DKRZ mit Hilfe von Panoply selbst erstellt.

4.1. Verstärkende Einflüsse

Zum Anstieg des Meeresspiegels führen nicht nur der sterische und eustatische Anstieg, sondern auch lokale verstärkende Einflüsse, die den Meeresspiegel oftmals unvorhersehbar beeinflussen. Die deutsche Nordseeküste ist dabei ein gutes Beispiel, da hier einige verstärkende Einflüsse auftreten können.

Eine der größten Bedrohungen für die Küste stellen die Sturmfluten dar, die durch die vorherrschenden Westwinde vor allem die nördliche deutsche Nordseeküste treffen und bei einem weiteren Anstieg des mittleren Niveaus des Meeresspiegels immer stärker werden.

Stärker werdende Winde und eine Zunahme der Anzahl der Sturmtage im Jahr wirken sich auf die Intensität der Sturmfluten aus. In unserer mittels Panoply erstellten Prognose sieht man die Anzahl der Sturmtage in den Jahren 2090-2099 im Vergleich zu den Werten aus den Jahren 1998-2007. Für die nördliche Küste ist ein Anstieg der Anzahl der Sturmtage pro Jahr von etwa 10-15 weiteren Tagen im Jahr prognostiziert, was extreme Höchstwasserstände in der Zukunft weiter begünstigen wird und diese höchstwahrscheinlich frequentierter und intensiver auftreten werden.

Anzahl der Sturmtage >62km/h 2090-2099 im Vergleich zu 1998-2007

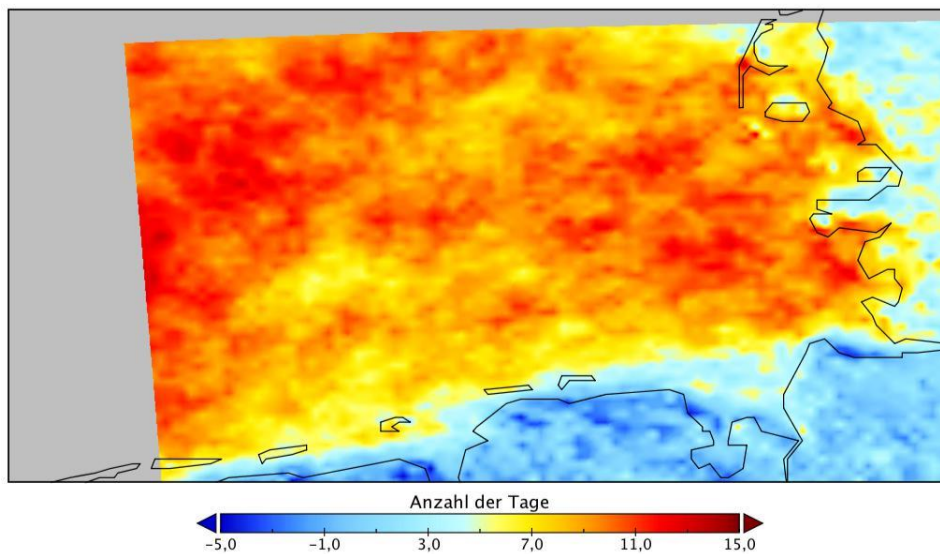


Abbildung drei: Anzahl der Sturmtage an der deutschen Nordseeküste zwischen 2090 und 2099 im Vergleich zum Zeitraum von 1998 bis 2007. Grafik mit Daten vom DKRZ mit Hilfe von Panoply selbst erstellt.

Ein weiterer verstärkender Faktor ist die sogenannte Isostasie, wobei es sich um eine Hebung und Senkung der Erdkruste handelt. Während Skandinavien sich minimal erhebt, sinken Teile Schleswig-Holsteins, Hamburgs und Niedersachsens, wie bei einer Wippe, ab. Dieser Effekt kann in der Zukunft für die Küste ein immenses Problem darstellen, so wird durch das Absinken von Teilen der Nordseeküste logischerweise der relative Anstieg verstärkt und ein Vorrücken des Meeres wahrscheinlicher. Auch wenn sich das Absinken im Millimeterbereich abspielt, ist die Isostasie eine nicht zu unterschätzende Bedrohung für die Küste²³.

²³ BOJANOWSKI, A. (2015): GPS-Messungen: Deutschland kippt.

Eine Kombination dieser Einflüsse kann und hat schon in der Vergangenheit zu temporär extremen Anstiegen des Meeresspiegels in der deutschen Bucht geführt und kann schnell zu einer Bedrohung der Küste werden. Dabei sind die verstärkenden Einflüsse zwar überwiegend natürlich und nicht durch den anthropogenen Klimawandel entstanden und traten schon vor den extremen Veränderungen des globalen Meeresspiegels auf. Diese Faktoren werden aber erst durch den Anstieg der Basis, also des mittleren Meeresspiegels, dessen Anstieg wir erst seit etwa 30 Jahren im starken Ausmaß verzeichnen, gefährlich²⁴.

5. Fazit

Die Folgen des Meeresspiegelanstiegs an der deutschen Nordseeküste in naher Zukunft sind fatal, wenn die Maßnahmen gegen den Klimawandel nicht verstärkt werden, und die Emissionen von Treibgasen nach dem RCP 2.6-Szenario stark zurückgehen. Die Daten aus unseren Berechnungen zeigen den deutlich steigenden Trend des Meeresspiegelanstiegs in der deutschen Bucht und lassen auf extreme Folgen schließen. Der Meeresspiegelanstieg ist eine der direktesten Folgen des anthropogenen Klimawandels und stellt ein globales Problem dar, gegen das nicht nur an der deutschen Nordseeküste in naher Zukunft verstärkt Maßnahmen getroffen werden müssen. Aufgrund von regionalen Besonderheiten und dem direkten Einfluss des atlantischen Ozeans, erwies sich unser Raumbeispiel als ideal, um die Auswirkungen des Meeresspiegelanstieges regional zu untersuchen.

Durch die Daten, die uns vom deutschen Klimarechenzentrum zur Verfügung gestellt wurden, gibt es keinen Zweifel an einer Meeresspiegelerhöhung in der Deutschen Bucht. Die Ausarbeitung hat die verheerenden Folgen und Auswirkungen, mit dem Schwerpunkt des Meeresspiegelanstiegs an der deutschen Nordseeküste, aufgezeigt.

Zu guter Letzt lässt sich sagen, dass der Klimawandel auch hier in Norddeutschland an der Nordseeküste zu starken Veränderungen führt und es in Zukunft viele Auswirkungen geben kann.

6. Quellenverzeichnis

- BOJANOWSKI, A. (2015): GPS-Messungen: Deutschland kippt, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/deutschland-kippt-land-hebt-und-senkt-sich-durch-isostasie-a-1032339.html>.
- CHRISTIANSEN, T.; SCHÜRMAN, H.-C. (2007): Die Nordseeküste, <https://www.ikzm-d.de/inhalt.php?page=151,3493>.
- HANDELSBLATT (2014): Das sind Europas größte Frachthäfen, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/rangliste-das-sind-europas-groesste-frachthaefen/9633146.html?ticket=ST-287411-vkmVxkXscM4Ckjtuaqdb-ap4>.
- IPCC (2018): Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments, <https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/>.
- KASANG, D. (ohne Jahr) (a): Ursachen des Meeresspiegelanstiegs, <https://bildungsserver.hamburg.de/meeresspiegelanstieg/4539836/meeresspiegel-ursachen/>.
- Kasang, D. (ohne Jahr) (b): Meeresspiegelanstieg durch Ausdehnung (sterisch), <https://bildungsserver.hamburg.de/meeresspiegelanstieg/2129384/meeresspiegel-sterisch/>.
- KASANG, D. (ohne Jahr) (c): Meeresspiegelanstieg durch Wasserzufuhr (eustatisch), <https://bildungsserver.hamburg.de/meeresspiegelanstieg/2129494/meeresspiegel-eustatisch/>.
- KLIMAWIKI (2016): IPCC, <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/IPCC>.
- KLIMAWIKI (2017) (a): aktueller Meeresspiegelanstieg, http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Aktueller_Meeresspiegelanstieg.
- KLIMAWIKI (2017) (b): RCP-Szenarien, <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/RCP-Szenarien>.
- KLIMAWIKI (2017) (c): Meeresspiegel der Zukunft, http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Meeresspiegel_der_Zukunft.
- KLIMAWIKI (2018): Ursachen des aktuellen Meeresspiegelanstiegs, http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Ursachen_des_aktuellen_Meeresspiegelanstiegs#cite_note-Chen_2017-4.
- NATIONALPARK WATTENMEER (ohne Jahr): Weltnaturerbe Wattenmeer: Artenvielfalt, <https://www.nationalpark-wattenmeer.de/nds/weltnaturerbe/artenvielfalt>.
- QUANTE, M.; COLIJN, F. (Hrsg.) (2016): North Sea Region Climate Change Assessment, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-39745-0.pdf>.
- WIKIPEDIA (ohne Autor) (2018) (a): Doggerbank, <https://de.wikipedia.org/wiki/Doggerbank>.
- WIKIPEDIA (ohne Autor) (2018) (b): Deutsche Bucht, https://de.wikipedia.org/wiki/Deutsche_Bucht.
- WIKIPEDIA (ohne Autor) (2018) (c): Deutschland, <https://de.wikipedia.org/wiki/Deutschland>.
- WIKIPEDIA (ohne Autor) (2018) (d): Kalben (Glaziologie), [https://de.wikipedia.org/wiki/Kalben_\(Glaziologie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Kalben_(Glaziologie)).
- World Ocean Review (2010): Der Meeresspiegelanstieg ó eine unausweichliche Bedrohung, <https://worldoceanreview.com/wor-1/kuesten/gefahr-durch-meeresspiegelanstieg/>.

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung eins: Die Elbterrassen in Otterndorf bei Sturmflut. Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sturmflut-10.07_003.jpg. Von Niclas Roesse. Lizenz: CC BY-SA. Letzter Zugriff 17.12.2018.

Abbildung zwei: Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste zwischen 2001 und 2030 im Vergleich zu 1950.

Abbildung selbst erstellt nach Daten von: <https://bildungsserver.hamburg.de/00-nordsee-daten/3874492/nordsee-meeresspiegel/>. Datenquelle: MATHIS, M.; POHLMANN, T. (2014): Projection of physical conditions in the North Sea for the 21st century. *Climate Research* 61, 1. 17; Modell: Ozeanmodell HAMSOM (Hamburg Shelf Ocean Model); den Antrieb des Modells lieferte das Echam5 Modell des MPI-M.

Abbildung drei: Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste zwischen 2071 und 2100 im Vergleich zu 1950.

Abbildung selbst erstellt nach Daten von: <https://bildungsserver.hamburg.de/00-nordsee-daten/3874492/nordsee-meeresspiegel/>. Datenquelle: MATHIS, M.; POHLMANN, T. (2014): Projection of physical conditions in the North Sea for the 21st century. *Climate Research* 61, 1. 17; Modell: Ozeanmodell HAMSOM (Hamburg Shelf Ocean Model); den Antrieb des Modells lieferte das Echam5 Modell des MPI-M.

Abbildung vier: Anzahl der Sturmtage an der deutschen Nordseeküste zwischen 2090 und 2099 im Vergleich zum Zeitraum von 1998 bis 2007.

Abbildung selbst erstellt nach Daten von: <https://bildungsserver.hamburg.de/00-nordsee-daten/3874492/nordsee-meeresspiegel/>. Datenquelle: MATHIS, M.; POHLMANN, T. (2014): Projection of physical conditions in the North Sea for the 21st century. *Climate Research* 61, 1. 17; Modell: Ozeanmodell HAMSOM (Hamburg Shelf Ocean Model); den Antrieb des Modells lieferte das Echam5 Modell des MPI-M.