

# **Der Meeresspiegelanstieg**

Über den Meeresspiegelstand in der  
Vergangenheit und Gegenwart und die Ursachen der  
Veränderungen des Meeresspiegels

Julian Hüne

Athenaeum Stade

Mai 2007

## **Inhaltsverzeichnis – Facharbeit: Meeresspiegelanstieg**

- I. Einführung
- II. Der Meeresspiegelstand in der Vergangenheit und der Gegenwart
- III. Ursachen für den Meeresspiegelanstieg
  1. Veränderung von Form und Volumen der Meeresbecken / natürliche Meeresspiegelschwankungen
    - 1.1 Sedimentationsprozesse
    - 1.2 Plattentektonik
    - 1.3 Hebung von Landmassen (kurzfristig und langfristig)
  2. Zu- bzw. Abnahme des Wasservolumens in den Weltmeeren/ vom Menschen verursachte Meeresspiegelschwankungen (klimatisch bedingte)
    - 2.1 sterische Meeresspiegeländerungen
      - 2.1.1 thermosterischer Anstieg
      - 2.1.2 halosterischer Anstieg
    - 2.2 eustatische Meeresspiegeländerung
- IV. Zukünftiger Meeresspiegelanstieg
- V. regionale Folgen: Deutschland
- VI. Schlussbemerkungen
- VII. Anmerkungen
- VIII. Literaturverzeichnis

## I. Einführung

Können wir in den nächsten Jahrzehnten in Norddeutschland noch genauso leben wie heute oder wird das Land dann unter Wasser stehen?

Warum steigt der Meeresspiegel an? Steigt er überhaupt oder fällt er gar? Wie kommt es denn dazu? Und was für Folgen trägt ein Meeresspiegelanstieg mit sich?

Mit diesen Fragen beschäftige ich mich im folgenden Text.

Die meisten Forscher sind sich inzwischen einig, dass der Meeresspiegel in den vergangenen Jahrzehnten bzw. Jahrhunderten allmählich angestiegen ist und in der kommenden Zeit weiter ansteigen wird. Derzeit geht man von einem durchschnittlichen Anstieg von 2,4 Millimetern pro Jahr aus. (1)

Die Ursachen sind umfangreich und nur schwer zu erfassen. Im Nachfolgenden sollen die verschiedenen Betrachtungsweisen aufgezeigt werden.

Obwohl es beim Klimawandel Diskussionen darüber gibt, ob dieser vornehmlich vom Menschen verursacht wurde, sind sich die meisten Wissenschaftler darüber einig, dass der Temperaturanstieg in erster Linie durch den erhöhten Ausstoß von Kohlenstoffdioxid - z.B. durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Öl, Kohle) während der letzten 150 Jahre - verursacht wurde.

Vergleicht man den Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre mit der Temperatur über die letzten 400 000 Jahre, so ist eine Korrelation zwischen diesen beiden Kurven erkennbar. Zwar kann eine anfängliche Temperaturerhöhung zunächst eine CO<sub>2</sub>-Zunahme anstoßen; diese wirkt dann aber zurück auf die Temperatur und verursacht deren eigentlichen Anstieg. Das bedeutet, dass auch im 20. Jahrhundert bei einer Kohlenstoffdioxidhöhung sich auch die Temperatur erhöht und somit der Mensch das Klima stark beeinflusst.

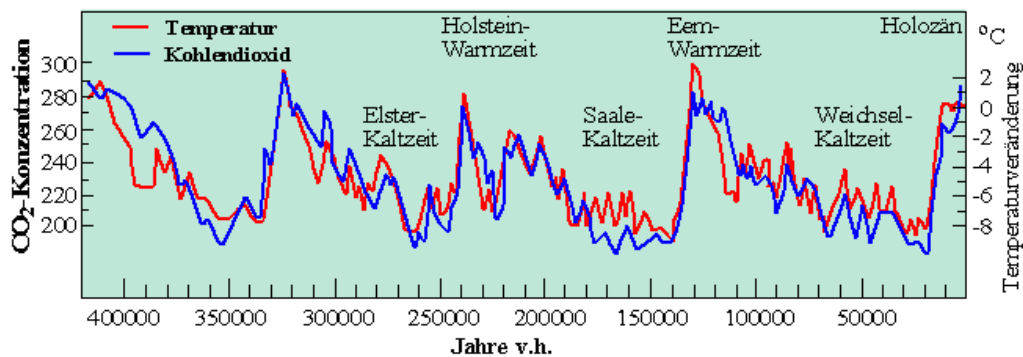


Abb.1a: Die Graphik zeigt die globale Durchschnittstemperatur und den Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre der letzten Tausend Jahren sowie deren vergleichbaren Verlauf

Schon in der Vergangenheit zeigte sich, dass der globale Meeresspiegel erheblich vom Klima abhängt. Diese Abhängigkeit belegt beispielsweise die Veränderung des Meeresspiegelstandes beim Klimawechsel zwischen der letzten Kaltzeit und dem Holozän, der jüngsten geologischen Epoche der Erdgeschichte.

Der aktuelle Anstieg des Meeresspiegels ist vor allem eine schwerwiegende Folge des durch den Menschen beeinflussten Klimawandels (anthropogener Klimawandel). Basierend auf solchen Erkenntnissen wurde diese fatale Folge des Klimawandels schnell in allen Medien aufgegriffen, um so möglichst großen Teilen der Bevölkerung den Ernst der Lage zu vermitteln und dazu zu bewegen, aktiv am Klimaschutz mitzuwirken. Teilweise sind hierbei jedoch nur Extremfälle betrachtet worden, wie z.B. in der Zeitschrift "Der Spiegel" von 1986. Hier wurde behauptet, dass der Meeresspiegel allmählich um etwa 70 Meter ansteigen würde. Tatsächlich aber könnte es zu einem solch enormen Anstieg jedoch nur durch das Abschmelzen sämtlicher Eisreservoirs der Erde kommen. Aber schon ein geringerer Meeresspiegelanstieg von nur einem Meter würde erhebliche Probleme auslösen. Zahlreiche von Menschen besiedelte Gebiete würden dabei überschwemmt und damit zerstört werden. (2)

## **II. Der Meeresspiegelstand in der Vergangenheit und der Gegenwart**

Auch in der Vergangenheit variierte der Meeresspiegelstand ständig, obwohl das Klima nicht durch den Menschen beeinflusst wurde. Hierbei spielten z.T. die Veränderungen von Form und Volumen der Meeresbecken durch tektonische Prozesse eine wichtige Rolle.

Bis in die 1990er Jahre war es jedoch sehr schwierig, den Anstieg des globalen Meeresspiegels genau zu ermitteln. Man konnte den Meeresspiegel nur mit Pegelmessungen an den Küsten messen. Aus der geringen Verbreitung und ungleichen Verteilung der Pegel konnte kein genauer globaler Meeresspiegelstand in der Vergangenheit ermittelt werden. Regionale Meeresspiegelstände konnten aber zum umgebenden Land ziemlich genau erfasst werden.

Heutige Messmethoden zeigen, dass der Meeresspiegel sich nicht überall gleich verändert. Das bedeutet auch, dass die Meeresspiegeländerungen in den Küstenregionen nicht mit denen auf dem offenen Ozean oder auf dem Meer übereinstimmen müssen.

Ab 1992 kann der Meeresspiegelstand mit Hilfe von Satelliten sehr genau bestimmt

werden. Dabei wird die Entfernung zwischen Satellit und Meeresoberfläche in einem Rhythmus von 10 Tagen gemessen. Dies wird Altimetermessung genannt.

Die Satellitenmessungen erbrachten zwei wichtige Ergebnisse: Erstens ist die Anstiegsrate des Meeresspiegels höher als vorher durch die Ergebnisse der Pegelmessungen vermutet wurde, zweitens wurde deutlich, dass der Meeresspiegelanstieg regional stark variiert. In einigen Regionen steigt der Meeresspiegel um ein Vielfaches höher als der globale Durchschnitt, es gibt jedoch auch Gebiete in denen der Meeresspiegel sogar sinkt (25).

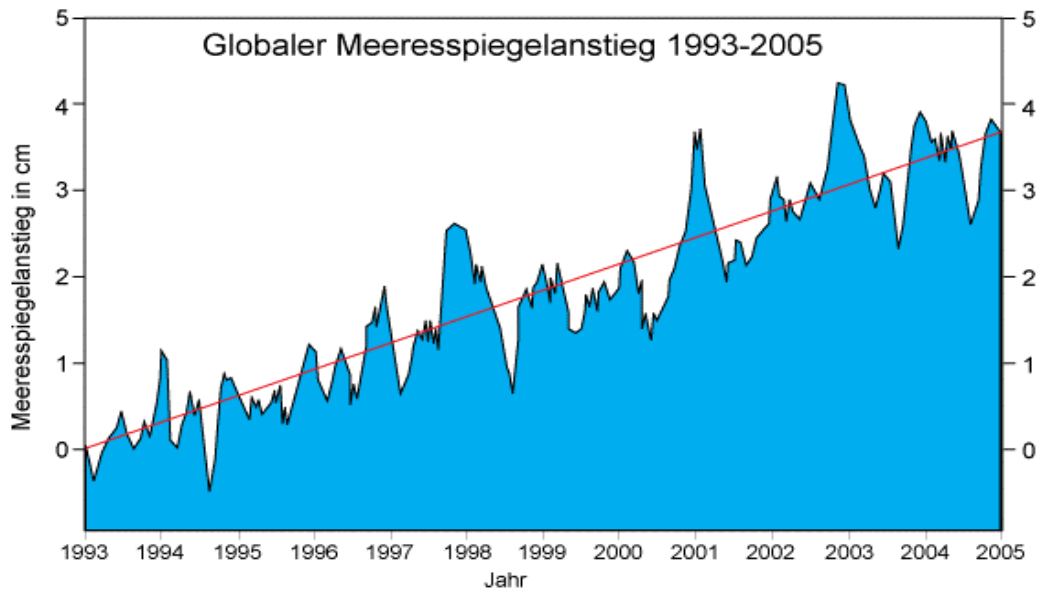


Abb.1: Der globale Meeresspiegelanstieg von 1993-2005, Satellitenmessungen.

Die rote Linie ist eine Ausgleichsgerade und zeigt den linearen Trend.

Vor 20.000 Jahren, am Höhepunkt der letzten Eiszeit, als das Klima global ca. 4 bis 7°Celsius kälter war, lag der Meeresspiegel ungefähr 120 Meter niedriger als heute. Damals ist es möglich gewesen vom europäischen Festland nach Großbritannien zu gehen.

Im Eem, der letzten Warmperiode, vor 120.000 Jahren, lag die globale Durchschnittstemperatur ca. einen Grad höher als heute und der Meeresspiegel laut Schätzungen 2 – 6 Meter höher. (30)

### III. Ursachen für den Meeresspiegelanstieg

Die Gründe für die Veränderung des Meeresspiegels lassen sich grundsätzlich in zwei Kategorien einteilen, nämlich in natürliche Meeresspiegelschwankungen durch die Veränderung von Form und Volumen der Meeresbecken und in solche, die

klimatisch bedingt sind und damit indirekt auch vom Menschen verursacht sein können. (2)

Abbildung 2 fasst die wichtigsten Ursachen für den gegenwärtigen und den in den nächsten Jahrhunderten zu erwartenden Meeresspiegelanstieg zusammen.

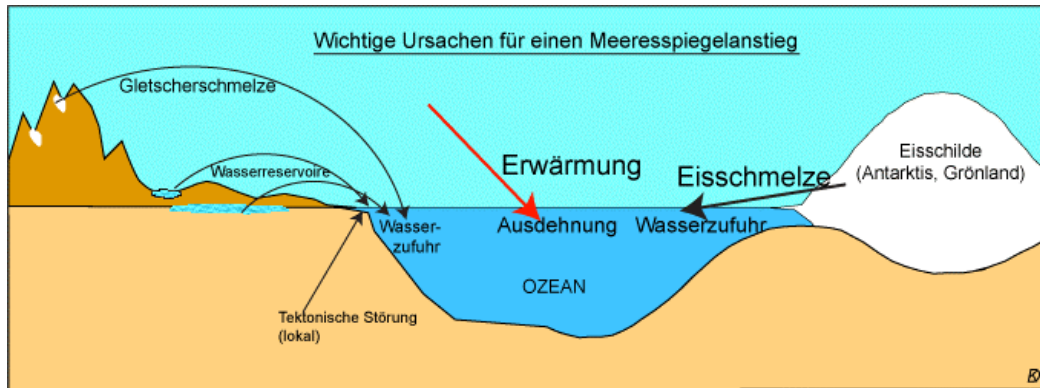


Abb.2: Die Darstellung zeigt die wichtigsten Ursachen für den gegenwärtigen und den in den nächsten Jahrhunderten zu erwartenden Meeresspiegelanstieg.

## 1. Veränderung von Form und Volumen der Meeresbecken / natürliche Meeresspiegelschwankungen

### 1.1 Sedimentationsprozesse

Durch Sedimentationsprozesse verändert sich das Volumen bzw. die Form von Meeresbecken, indem sich Sedimente am Meeresboden ablagern. (2)

Sedimente sind Sekundärgesteine, welche sich bei dem Transport von Verwitterungsmaterialien einiger Gesteine, wie Magmatite oder auch älteren Sedimenten, durch Wasser und/oder Schwerkraft an einer Ablagerungsstelle - in unserem Fall dem Meeresboden - absetzen.

Bei diesem Transport werden die Gesteinsreste mit den Bestandteilen des Wassers gemischt, getrennt oder chemisch verändert. Dadurch bildet sich am Meeresboden ein neues Gestein. In küstennahen Gebieten lagern sich grobe Schüttungen ab, in küstenfernen Gebieten hingegen die leichten, feinen Schwebstoffe.

“Sedimente gehen aus der Zerstörung und der chemischen oder physikalischen Verwitterung anderer Gesteine hervor (Gesteinszerfall).”(3)

Fast alle Sedimente sind geschichtet, denn die Schüttung läuft meistens nicht durchgängig ab, sondern wird zwischenzeitlich immer wieder unterbrochen. Die Trennung zwischen zwei Schüttungen ist gut erkennbar, denn das Gesteinsmaterial ist bei Schüttungen unterschiedlich.(3)

## 1.2 Plattentektonik

Die Lithosphäre (Erdkruste und Teile des oberen Mantels) besteht aus mehreren einzelnen Platten, die sich relativ zueinander bewegen.

Die Ursache der Bewegungen der Platten, ein Bestandteil der Plattentektonik, ist die Mantelkonvektion. "Als Mantelkonvektion bezeichnet man langsam ablaufende Umwälzungen des Erdmantels, die durch thermisch induzierte Auftriebskräfte angetrieben werden. Mantelkonvektion stellt eine spezielle Form der thermischen Konvektion dar". (4)

Es wird davon ausgegangen, dass der Mantel durch Konvektion bestrebt ist, die Temperaturdifferenz zwischen Erdkern und Erdoberfläche auszugleichen.

Da die Lithosphäre von oben abgekühlt und von unten erwärmt wird, steigt heißes Material, das eine geringere Dichte besitzt als das oberhalb liegende Material, auf und das obere Material mit der höheren Dichte sinkt ab. Dadurch entstehen die Kräfte, die die Bewegung der Platten verursachen. Die Umwälzungen laufen sehr langsam in vertikaler und horizontaler Richtung ab.

Durch die Plattentektonik können drei verschiedene Typen von Plattengrenzen entstehen, an denen Prozesse mit unterschiedlichem Einfluss auf den lokalen Meeresspiegelstand ablaufen. (5)

### a) **divergente Plattengrenzen:**

An divergenten Plattengrenzen trennen sich Platten und bewegen sich voneinander weg. Dadurch ist zwischen ihnen eine Grabenstruktur erkennbar, ein so genanntes Rift. Auf diese Weise entsteht zwischen den sich auseinander bewegenden Platten Raum, der ständig mit Magma gefüllt werden kann und den Ozeanboden in Richtung Kontinente wegdrückt, wo er dann subduziert wird. Dieser Vorgang wird Seafloor Spreading oder kurz als Spreizung bezeichnet. Ozeankrusten bilden so im Laufe der Zeit hoch stehende ozeanische Rücken. Ein solcher Plattengrenztyp ist der mittelatlantische Rücken, der z.B. auf Island oberhalb der Wasseroberfläche sichtbar wird. Durch die Entstehung solcher Rücken wird Meerwasser auf die Kontinente gedrängt und der Meeresspiegel steigt an.

Es gibt jedoch auch divergente Grenzen, bei denen kein Magma ausfließt und dadurch auch kein Seafloor Spreading stattfindet. Wenn unterhalb von kontinentalen Platten Magma aufsteigt, führt dies zu einer Dehnung der Kruste. Dadurch entstehen Dehnungsbrüche. Man spricht dann von einem kontinentalen Riftsystem. Diese Krustenausdünnung kann soweit gehen, dass ein neuer Ozean entsteht. (5,6)

Da so das Volumen des Meeresbeckens vergrößert wird, sinkt der Meeresspiegel lokal ab.

**b) konvergente Plattengrenzen:**

An konvergenten Plattengrenzen bewegen sich die Platten auf einander zu und stoßen gegeneinander. Diese Plattengrenzen werden in drei unterschiedliche Kollisionstypen eingeteilt:

*Ozean - Kontinent:*

Die ozeanische Kruste sinkt aufgrund ihrer höheren Dichte unter die kontinentale Platte. Dadurch entsteht zwischen diesen beiden Platten ein Tiefseeegraben. Diese Tiefseeegräben können teilweise bis zu 11 Kilometer tief sein.

Auch so vergrößert sich das Volumen des Meeresbeckens und der Meeresspiegel sinkt lokal ab.

*Ozean - Ozean:*

Dieser Kollisionstyp ist ganz ähnlich der ozeanischen und kontinentalen Plattenkollision. Hierbei bildet sich jedoch einige Kilometer hinter dem Tiefseeegraben ein vulkanischer Inselbogen.

Somit wirkt sich diese Art von Kollision im Prinzip genauso auf den Meeresspiegel aus. Durch die Entstehung der vulkanischen Inselbögen erhöht sich der Meeresspiegelstand geringfügig.

*Kontinent - Kontinent:*

Stoßen zwei kontinentale Platten aufeinander, sinkt keine der beiden Platten ab, da beide eine zu geringe Dichte haben. Deshalb schieben sich die kontinentalen Krusten übereinander. So entstehen Hochgebirge, wie der Himalaya, der Ural und die Alpen. (6)

**c) transforme Plattengrenzen:**

Wenn zwei Platten aneinander vorbei gleiten, ist eine Transformplattengrenze gegeben. Meistens erfolgt die Gleitbewegung nicht kontinuierlich, sondern ruckartig. Durch plötzliche Gleitbewegungen können Erdbeben folgen. Dies geschieht zum Beispiel im St. Andreasgraben in Kalifornien. (5,6)



### 1.3 Hebung von Landmassen

Die wichtigste Hebung von Landmassen mit Folgen für den Meeresspiegelanstieg in der jüngsten geologischen Vergangenheit ist der glazialisostatische Effekt (Glazialisostasie: von lateinisch *glacies* = Eis sowie von griechisch *isos* = gleich und *stasis* = Stand), die Reaktion der Erdkruste auf die nacheiszeitliche Entlastung von Eismassen. Dieser Effekt wird auch postglaziale Hebung genannt. Während der letzten großen Kaltzeit, der Weichsel-Vereisung vor ungefähr 20000 Jahren, wurde vor allem das Land in Nordeuropa und Nordamerika von großen Inlandeismassen, die bis zu zweieinhalb Kilometern mächtig wurden, bedeckt. Diese derartig gewaltige Eismasse drückte das Land unter sich in die Tiefe. Damit wurde die Erdkruste in den Erdmantel hineingedrückt, so dass unter dem Bereich des Eises eine Ausbeulung entstand. Beim Schmelzen des Eises hebt sich die Kruste durch den Auftrieb der Ausbeulung wieder. Obwohl die Eismassen schon vor 6000 Jahren komplett abgeschmolzen waren, hält die so genannte isostatische Anhebung der entlasteten Landmassen heute immer noch an. Dieser Vorgang läuft nur sehr langsam ab, da der Erdmantel zum überwiegenden Teil nicht dünnflüssig, sondern zähplastisch ist (7). Noch heute resultiert aus diesem glazial-isostatischen Effekt an der schwedischen Ostseeküste bei Stockholm eine relative Senkung des Meeresspiegels um ca. 4 Millimeter pro Jahr. (2)

Das Land kann sich bis zu 1 Zentimeter pro Jahr heben. Bis zum völligen isostatischen Ausgleich kann sich das Land noch weitere 250 Meter anheben.

Neben diesem langfristigen Effekt gibt es auch noch kurzfristige Effekte, die Landbewegungen verursachen und zu lokalen Veränderungen des Meeresspiegelstandes führen, z.B. Vulkanismus, Seebeben oder Sackungsvorgänge. (2)

## 2. Zu- bzw. Abnahme des Wasservolumens in den Weltmeeren / vom Menschen verursachte Meeresspiegelschwankungen (klimatisch bedingt)

### 2.1. sterische Meeresspiegeländerungen

Sterische Meeresspiegeländerungen sind Meeresspiegeländerungen durch Ausdehnung des Meerwasservolumens und gleichzeitige Abnahme der Dichte des Wassers bei gleicher Masse, indem sich entweder die Temperatur des Wassers

erhöht (thermosterischer Anstieg) oder sich der Salzgehalt verringert (halosterischer Anstieg). Die Volumenzunahme durch den halosterischen Effekt spielt jedoch eine sehr kleine Rolle und ist deswegen vernachlässigbar. Trotzdem könnte eine Verringerung des Salzgehalt fatale Folgen haben. Es könnte zum Beispiel zum Versiegen des Golfstroms kommen. (2)

### **2.1.1 thermosterischer Anstieg**

Die Erwärmung der Ozeane findet hauptsächlich (zu 60%) in den oberen 700 Metern statt, da nur das Oberflächenwasser durch die Sonne direkt erwärmt werden kann und eine Weitergabe der Erwärmung in tiefere Schichten durch die hohe Wärmekapazität der Ozeane nur langsam und verzögert stattfindet. Dadurch kommt es auch zu einer zeitlichen Verzögerung bei der Weitergabe der Ausdehnung. Die Temperatur der Ozeane hat sich global in den oberen 3000 Metern durchschnittlich um  $0.037^{\circ}\text{C}$  erhöht. Hierbei muss jedoch dringend bedacht werden, dass die Wärmekapazität des Ozeans weit über der der Atmosphäre liegt. Eine Erwärmung des Ozeans um  $0,1^{\circ}\text{C}$  entspricht etwa einer Erwärmung der Atmosphäre um  $100^{\circ}\text{C}$ . Zwischen 1955 und 1998 haben die Ozeane 84% der Erwärmung des Erdsystem aufgenommen. (8) Die Erwärmungsrate erhöhte sich sogar noch einmal im Jahrzehnt 1993-2003 um das Doppelte. (9)

Ob diese kontinuierliche Erwärmung des Meeres natürlich ist oder ob es sich um einen langfristigen Erwärmungstrend handelt, ist ungewiss. Vielleicht kann dies durch Messungen im nächsten Jahrzehnt herausgefunden werden.

Um herauszufinden welches die hauptsächlich Ursache des Meeresspiegelanstieges ist, wurde versucht den thermosterischen Meeresspiegelanstieg bis in 3000 Meter Tiefe aus der Ozeanerwärmung abzuleiten. Daraus ergab sich für den Zeitraum von 1955-2003 ein globaler Anstieg nur durch den thermosterischen Effekt von 0,4 Zentimetern pro Jahrzehnt, wobei für den Zeitraum von 1993-2003, die Zeit der Satellitenmessungen, ein Anstieg von 1,5 Zentimeter pro Jahrzehnt ermittelt werden konnte.

Das bedeutet, dass im Laufe des letzten Jahrhunderts der Meeresspiegel zum Ende hin immer stärker gestiegen ist.

Auch regional verlief der Meeresspiegelanstieg nicht gleichmäßig. So ist der Atlantik allein für 52% des thermosterischen Meeresspiegelanstieges des gesamten Zeitraums verantwortlich. Das Verhältnis veränderte sich jedoch zum Ende des 20. Jahrhundert (1993-2003). Hier ist der thermosterische Meeresspiegelanstieg im Pazifik aufgrund der stärkeren Erwärmung im westlichen tropischen Pazifiks und

zwischen Australien und Neuseeland für den größten Teil verantwortlich. (10)

“Die regionalen Unterschiede ändern sich also auch mit der Zeit. Wahrscheinlich sind hauptsächlich Veränderungen in der ozeanischen Zirkulation die Ursache dafür.” (10)

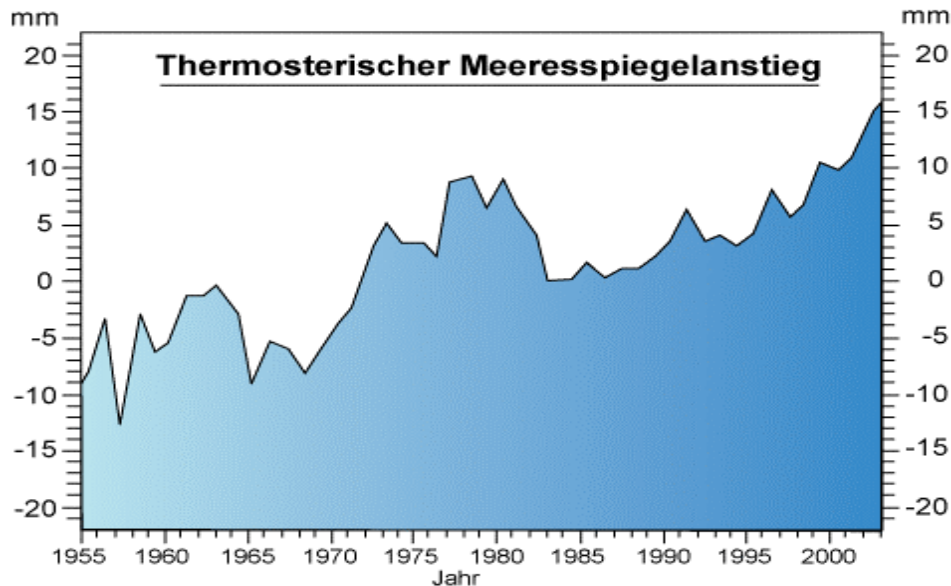


Abb.3: Der durch Erwärmung verursachte Meeresspiegelanstieg für die 0-700m Schicht.

Große Vulkanausbrüche können indirekt die thermosterischen Meeresspiegeländerungen beeinflussen. Bei einem solchen großen Ausbruch werden gigantische Mengen von Material und damit auch Millionen Tonnen Gas und feine Staubteilchen kilometerweit bis in die Stratosphäre geschleudert. Das Gas besteht unter anderem aus Wasserdampf, Kohlendioxid und Schwefeldioxid. Aus dem Schwefeldioxid entstehen kleine Schwefelteilchen, so genannten Aerosole. (9) Durch diese Teilchen kann dann das Licht reflektiert und teilweise absorbiert werden, wodurch nur noch ein Teil der Sonnenstrahlen die Erde erreicht und sich damit auch das Klima abkühlt. (11)

Vulkanausbrüche haben erst klimatische Folgen, wenn das ausgespuckte Material in die Stratosphäre gelangt, denn dort können die Partikel nicht leicht abgebaut werden. Durch die Abkühlung des Klimas können auch die Temperaturen der Ozeane sinken. Da kühleres Wasser weniger Raum einnimmt, sinkt der Meeresspiegel in dieser Region.

Der Vulkanausbruch des Pinatubo im Juni 1991 senkte so den Meeresspiegel weltweit in einem Jahr um 5 Millimeter. (12)

### **2.1.2 halosterischer Anstieg**

Der halosterische Effekt spielt global nur eine sehr geringe Rolle und ist nur für 10% des sterischen Meeresspiegelanstieges verantwortlich. Jedoch variiert auch der Anteil des halosterischen Effekts regional. So ist dieser zum Beispiel in der Labradorsee im Nordatlantik genauso groß wie der des thermosterischen Effekts.

Ursachen des halosterischen Effekts können eine Erhöhung der Niederschläge, Verringerung der Verdunstung über ozeanischen Gebieten sowie die Süßwasserzufuhr durch das Abschmelzen von Meereis und der Zufluss von Süßwasser aus dem Landesinneren durch das Abschmelzen der Gebirgsgletscher sein. (13)

### **2.2 eustatische Meeresspiegeländerung**

Die Wassermenge der Meere verändert sich bei einem Austausch von Wasser zwischen den Ozeanen und dem Land. Die mit Abstand größten Auswirkungen haben die Bildung und das Schmelzen von Eismassen an Land. Das haben die Folgen des Wechsels zwischen Warm- und Kaltzeiten auf den Meeresspiegel gezeigt. Dieser Vorgang wird eustatische Meeresspiegeländerung genannt. (2)

Das Schmelzen auf dem Meer treibender Eisberge und Eismassen beeinflusst den Meeresspiegel jedoch nicht, denn hierbei gilt das Archimedische Prinzip, welches besagt, dass die Auftriebskraft eines Körpers genau so groß ist wie die Gewichtskraft der vom Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge. Damit ist gemeint, dass es für den Wasserstand egal ist, ob das Wasser flüssig oder gefroren, in Form von Eis, vorliegt. In beiden Fällen wird das gleiche Volumen von der gleichen Menge Wasser verdrängt. (14)

Die Hydrosphäre, eine Teilhülle der geographischen Hülle (Geosphäre) der Erde, bedeckt 75% der Erdoberfläche und umfasst alle ober- und unterirdischen Wasservorkommen. Zur Zeit befinden sich davon ungefähr 94% (der Masse) in den Weltmeeren, 4% im Grundwasser und 2% im Eis. Die Wassermengen in Seen und Flüssen sind gemessen daran sehr gering und deshalb vernachlässigbar. (15,16)

Die Kryosphäre ist ein Teil der Hydrosphäre. Zu ihr gehören alle Wasserreservoirs, die aus Eis bestehen, und zwar die Polkappen, Eisschilde (z.B. Grönland), Gletscher, das Eis der Permafrost- und der saisonal gefrorenen Böden, das Eis auf Flüssen und Seen, das Eis in den Eishöhlen sowie die saisonal stark schwankenden Schneemassen. (16, 17)

Die Kryosphäre ist ein sehr wichtiger Bestandteil des globalen Klimasystems. Eis und Schnee sind abhängig von den klimatischen Bedingungen und haben selbst

Auswirkungen auf das Klima, da von vereisten und verschneiten Flächen 60 – 70%, teilweise sogar mehr als 90 %, der Sonnenstrahlen reflektiert werden. Über Waldflächen und dem offenen Ozean werden jedoch bis zu 90% der Strahlen absorbiert.

Durch eine Temperaturerhöhung, wie sie zur Zeit erfolgt, schmelzen Eismassen ab und machen so Platz für Meeresflächen und Landflächen. Weltweit werden dadurch wieder mehr Sonnenstrahlen absorbiert, so dass es zu einem positiven Rückkopplungseffekt kommt. (17)

Gegenwärtig haben die dynamischen Schmelzprozesse auf Landflächen, vor allem der der beiden kontinentalen Eisschilde an Nord- und Südpol sowie auf Grönland, vermutlich die größten Auswirkungen auf den Meeresspiegel. Im Zentrum der beiden kontinentalen Eisschilde an Nord- und Südpol erfolgt durch Schneefall laufend eine Neubildung von Eis. An den Rändern dieser Gebiete fließt Eis jedoch ab. Normalerweise bleibt hierbei die Größe der Eismasse konstant, denn diese Prozesse befinden sich unter konstanten klimatischen Bedingungen in einem Gleichgewicht. Durch die globale Erwärmung wird dieses Gleichgewicht jedoch gestört. Die globale Erwärmung bewirkt zwar einen im Zentrum verstärkten Schneefall, aber auch, dass die Schmelzprozesse an den Rändern der Gletscher eine stärkere Zunahme erfahren. Die quantitative Bilanz ist schwer einzuschätzen. Trotzdem hat sich die Meinung, dass es durch diesen Prozess zu einer Erhöhung des Meeresspiegels kommt, durchgesetzt. (18)

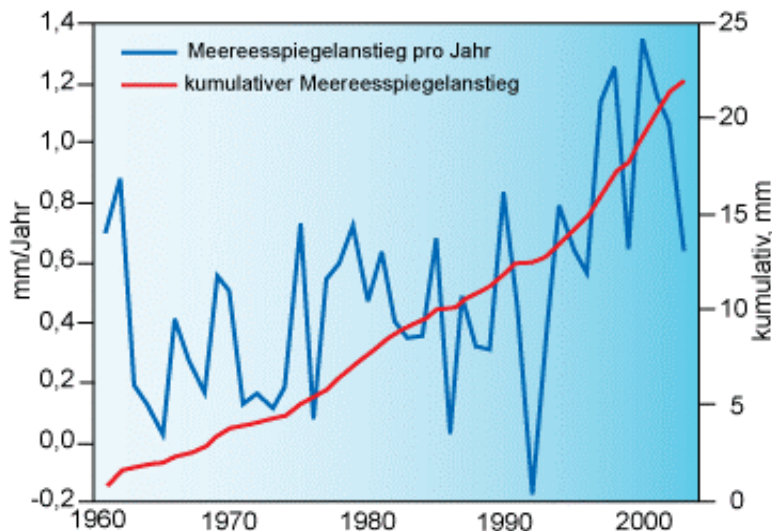


Abb. 4:  
Meeresspiegelanstieg durch das Schmelzen von Gletschern und Eiskappen 1961-2003. Blaue Kurve: jährlicher Anstieg in mm pro Jahr; rote Kurve: kumulativer Anstieg in mm pro Jahr

Abbildung 4 zeigt den durch Abschmelzen von Gletschern und Eiskappen verursachten Meeresspiegelanstieg. Zwischen den Jahren 1961 und 2003 stieg der Meeresspiegel eustatisch, also durch Wasserzufuhr, um 0,5 Zentimeter pro Jahrzehnt an. Dieser Wert verdoppelte sich im Jahrzehnt von 1994 - 2003 fast auf 0,93 Zentimeter. (19)

Am stärksten haben die Gletscher in Alaska mit 0,15 Zentimetern den eustatischen Meeresspiegelanstieg beeinflusst, gefolgt von den Gletschern und Eiskappen auf den arktischen Inseln. (20)

Bei diesen Berechnungen wurde jedoch das Abbrechen von Eisbergen, das 10 - 40% des Massenverlustes ausmacht, nicht berücksichtigt. Die Gletscher im Randbereich der großen Eisschilde wurden jedoch mit einbezogen. (21)

Durch das Abschmelzen von Eis auf dem Festland hebt sich das Festland nach dem glazial-isostatischen Effekt in vielen Regionen wieder an, teilweise sinkt es jedoch auch ab. (22)

In Zukunft wird der eustatische Meeresspiegelanstieg immer größer werden. In den letzten Jahrhunderten haben die großen Eisschilde in Grönland und in der Antarktis, aufgrund zu niedriger Temperaturen, vermutlich kaum zum Meeresspiegelanstieg beigetragen. Wahrscheinlich werden zuerst Teile der Eiskappen in Grönland abschmelzen und erst später in der Antarktis. (22)

Bei einem kompletten Abschmelzen der Eisreservoirs Grönlands und der Antarktis würde der Meeresspiegel allein durch den eustatischen Meeresspiegelanstieg um ca. 62 Meter ansteigen. Das Grönland-Eis bindet eine Wassermenge, die einen Meeresspiegelanstieg von 7 Metern bewirken könnte, das West-Antarktische Eisschild 6 Meter und das Ost-Antarktische Eisschild 50 Meter. Das Ost-Antarktische Eisschild gilt bislang als weitgehend stabil, die Stabilität der beiden anderen ist noch nicht ganz erforscht. (30)

Bei einer länger anhaltenden globalen Erwärmung um mehr als 3 Grad Celsius ist es möglich, dass das gesamte Eis Grönlands schmilzt und damit der Meeresspiegel langfristig um weitere sieben Meter steigt. (23)

Laut des IPCC-Berichts von 2001 ist ein Temperaturanstieg der Erde im Laufe des 21. Jahrhunderts von 1,4 bis 5,8 Grad Celsius möglich. Der IPCC ist ein „zwischenstaatlicher Ausschuss über Klimaänderung (Intergovernmental Panel on Climate Change). Er wurde 1988 von der WMO (Welt-Meteorologie-Organisation) und dem Umwelt Programm der UNO (UNEP) aus der Erkenntnis gegründet, dass die Klimaänderung globale Probleme bewirken kann. Das Ziel des IPCC ist es, wissenschaftliche, technische und sozialökonomische Informationen zum besseren Verständnis der Klimaänderung zusammenzutragen, auszuwerten und in Berichten zu veröffentlichen.“(24)

#### **IV. zukünftiger Meeresspiegelanstieg**

Wie stark der Meeresspiegelstand sich ändert, ist nicht vollständig beantwortbar. Neben den längerfristigen Veränderungen aufgrund von klimatischen und geologischen Prozessen, kann der Meeresspiegel auch durch Winde, Vulkanausbrüche (siehe oben: Pinatubo) und Gezeiten verändert werden.

Die natürlichen Meeresspiegelschwankungen, die Veränderung von Form und Volumen der Meeresbecken, zu denen Sedimentationsprozesse, plattentektonische Bewegungen sowie Hebung und Absenkung von Landmassen gehören, unterliegen alle langsamen Prozessen. Diese Ursachen sind wahrscheinlich in nächster Zeit nicht verantwortlich für einen größeren globalen Meeresspiegelanstieg. Somit haben diese Effekte vor allem regionale Auswirkungen, wie zum Beispiel der glazialisostatische Effekt an der schwedischen Ostküste.

Die Hauptursachen für den zukünftigen Meeresspiegelstand sind die vom Menschen verursachten Meeresspiegelschwankungen, d.h. die Zu- bzw. Abnahme des Wasservolumens in den Weltmeeren, welche klimatisch durch den anthropogenen Klimawandel bedingt sind.

Die globale Durchschnittstemperatur wird bis 2100 steigen und zwar um 1,8 Grad bis 4,0 Grad (26). Geht man von einer Temperaturzunahme bis zum Jahr 2100 von 2,5 Grad aus, ergeben sich in Modellexperimenten folgende Ergebnisse für den Meeresspiegel im Jahr 2100:

Global wird der Meeresspiegel 20 - 86 Zentimeter im Vergleich zu heute steigen. Hierbei ist die Hauptursache der thermosterische Anstieg, der für 11 - 43 Zentimeter Anstieg verantwortlich ist. Durch das Schmelzen der Gletscher auf Landflächen steigt der Meeresspiegel um 18 Zentimeter bei geringen Schätzungen, bei hohen Schätzungen steigt er um 34 Zentimeter.

In Grönland werden durch den Klimawandel Eismassen abschmelzen und die Arktis wird 2100 im Sommer sogar eisfrei sein. Hingegen wird in der Antarktis eine Zunahme des Eisvolumens vorhergesagt, wodurch der Meeresspiegel wieder sinken würde.

Durch die globale Erwärmung ergeben sich zwei entgegenwirkende Folgen für die Gletscher. Auf der einen Seite führt diese Erwärmung zur Eisschmelzung, was meistens der Fall sein wird, aber auf der anderen Seite kommt es durch die wärmere Luft in einigen Gebieten zu erhöhtem Niederschlag, wodurch das Eisvolumen in einigen Fällen sich wieder vergrößern würde. (27)

Aussagen über den zukünftigen Meeresspiegel sind nicht exakt machbar, da bis heute die Kenntnis über das Verhalten der großen Eisschilde bei dem Klimawandel nur sehr beschränkt vorhanden sind. So differenzieren unterschiedliche Literaturen stark, wie stark der Meeresspiegel ansteigt.

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen den Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100 bzw. 2200, wie er im IPCC AR4-Szenarien B1 für die einzelnen Regionen berechnet wurde. Die B1-Szenarien gehen von einer ökologischen und nachhaltigen künftigen Entwicklung der Menschheit aus, stellen also einen vergleichsweise ‚milden‘ Meeresspiegelanstieg dar. Der Anstieg ist bei anderen Szenarien durchaus größer.

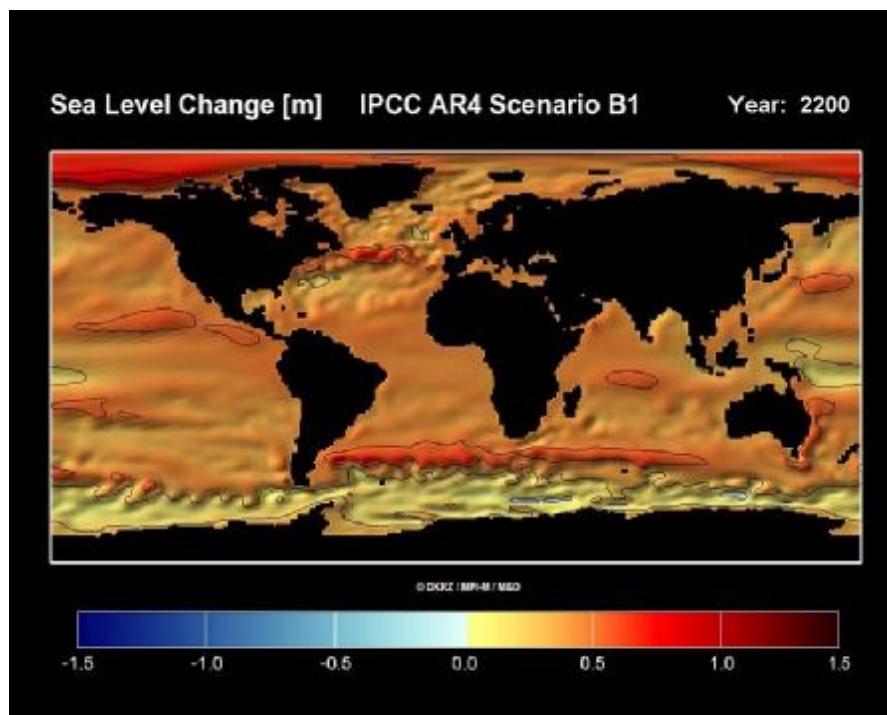
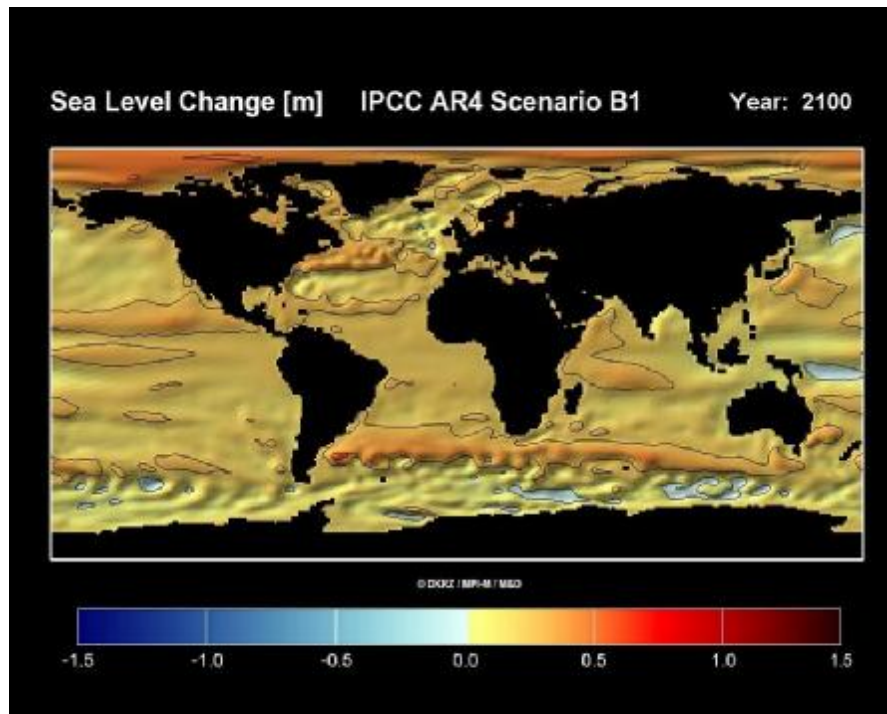


Abb.5,6: regionale Unterschiede in den Meeresspiegeländerungen im Vergleich zu heute in den Jahren 2100 und 2200 für das IPCC AR4-Szenario B1

Da das Abschmelzen der Eisschilde auf einer Zeitskala von Jahrhunderten erfolgt, dauert der dadurch verursachte Meeresspiegel, obwohl er nur langsam beginnt, sehr lange an. Auch die thermische Ausdehnung des Meerwassers läuft verhältnismäßig langsam ab, da die Wärme nur langsam von der Meeresoberfläche in den tiefen



Ozean weitergegeben wird.

Dies bedeutet, dass der Meeresspiegel noch weiter ansteigen wird, selbst nachdem die Klimaerwärmung aufgehört hat.(30)

Kommt der Meeresspiegelanstieg erst einmal richtig in Gang, wird er auch nur noch sehr schwer zu stoppen sein. Deshalb nennt James Hansen, Direktor des Goddard Institute for Space Studies des NASA, die Eisschilde eine „tickende Zeitbombe“.(30)

## V. regionale Folgen: Deutschland

Konsequenzen der Erderwärmung zeigen sich auch an der Nord- und Ostseeküste. Dort soll der Meeresspiegelanstieg über dem globalen Mittelwert liegen. Laut des UN-Klimaberichts soll der Meeresspiegel an den deutschen Küsten zehn bis zwanzig Zentimeter höher ansteigen als an den anderen Meeresküsten. (28)

Somit ergibt sich ein Meeresspiegelanstieg von dreißig Zentimetern bis einen Meter an den deutschen Küsten.

Bei dem vorausgesagten Meeresspiegelanstieg um einen Meter sind 13910 km<sup>2</sup>, ungefähr 30 Prozent der deutschen Küstengebiete, Deutschlands gefährdet. Das entspricht rund 4 Prozent der Staatsfläche. Rund 1 565 000 Menschen wären bei einem Anstieg von einem Meter in Gefahr.

Deutschland sowie andere europäische Staaten reagieren auf den steigenden Meeresspiegel und werden so die Küsten auch bis zu einem Anstieg um zwei Meter, entweder durch Deicherhöhungen, Sandvorspülungen oder andere Küstenschutzmaßnahmen, sichern können.

In einigen Gebieten wird aber der Schutz von Landflächen, egal wie stark der Meeresspiegel steigt, aufgegeben. Zum Beispiel gilt Rhone-Delta als wenig schützenswert und wird so wahrscheinlich nicht oder wenig gesichert. (29)

Land	1 m Anstieg	% der Staatsfläche	Gefährdete Bevölkerung
Niederlande	20277 km <sup>2</sup>	48,4 %	5 139 000
<b>Deutschland</b>	<b>13910 km<sup>2</sup></b>	<b>4,0 %</b>	<b>1 565 000</b>
Polen	3781 km <sup>2</sup>	1,2 %	345 000
Dänemark	3177 km <sup>2</sup>	7,4 %	155 000
Großbritannien	2540 km <sup>2</sup>	1,0 %	372 000
Belgien	1148 km <sup>2</sup>	3,8 %	262 000

Abb.7: gefährdete Küsten bei einem Meeresspiegelanstieg von einem Meter, Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Staaten

Es besteht jedoch eine sehr kleine Wahrscheinlichkeit von fünf Prozent für extreme Folgen des Meeresspiegelanstiegs in Deutschland.

Solche so genannten Extremszenarien können durch einen Meeresspiegelanstieg um 5 Meter, der durch den Zerfall des westantarktischen Eisschildes verursacht werden kann, durch den Zusammenbruch der Thermohalinen Zirkulation im Nordatlantik und durch eine starke Zunahme an Wetterextremen ausgelöst werden.(29)

<b>Land</b>	<b>5 m Anstieg</b>	<b>% der Staatsfläche</b>	<b>Gefährdete Bev.</b>
Deutschland	22211 km <sup>2</sup>	6,2 %	2 866 000

Abb.8: Gefährdungen durch einen Meeresspiegelanstieg von fünf Meter in Deutschland

## VI. Schlussbemerkungen

Zusammenfassend ist zu sagen, dass wir hier in Norddeutschland in den nächsten Jahrzehnten wohl noch genauso wie heute leben können. Hauptursache für einen künftigen Meeresspiegelanstieg wird, wie es sich in den letzten Jahren schon gezeigt hat, der eustatische Anstieg sein. Natürlich könnten auch einige Aspekte diesem Anstieg entgegen wirken. Im Nordmeer könnte zum Beispiel durch verstärkte Schmelzwasserströme aus ganz Asien und Nordamerika der Salzgehalt sinken. Damit würde der Golfstrom abgeschwächt werden. und die Temperaturen in Europa würden weniger stark steigen als weltweit. Für das Meer würde dieser Umstand eine thermotherische „Zusammenziehung

“ bedeuten und auch der eustatische Anstieg könnte dadurch zurückgehen.

Schon bei einem Meeresspiegelanstieg von nur einem Meter sind erhebliche Schäden zu erwarten, da sich die meisten großen Städte in Küstennähe befinden und ca. 70% der Weltbevölkerung in Küstenregionen leben.

Durch einen höheren Meeresspiegel werden z.B. hohe Wellen bei Sturmfluten leichter die Küsten erreichen und tiefer ins Landesinnere gelangen. Es wird wohl in einigen Regionen, vor allem in der 3. Welt, tatsächlich zu Abwanderungen aus den küstennahen Gebieten kommen.

Außerdem werden die Gesamtkosten eines Meeresspiegelanstieges, sowohl die Kosten für verursachte Schäden als auch für Anpassungsmaßnahmen, eine enorme Höhe annehmen.

Meiner Meinung nach sollte versucht werden, die globale Erderwärmung und damit den Anstieg des Meeresspiegels durch entsprechende Maßnahmen so weit wie möglich zu verringern. Höchstwahrscheinlich werden diese Maßnahmen allein jedoch nicht ausreichen, sodass außerdem Möglichkeiten zur Sicherung der Küstengebiete entwickelt werden sollten.

## VII. Anmerkungen

1. vgl. Pott 2003
2. vgl. <http://lbs.hh.schule.de/welcome.phtml?unten=/klima/index.htm> - Meeresspiegelanstieg - Einführung (Links)
3. zitiert aus. bzw. vgl. <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/s/sedimentation.htm>
4. zitiert aus. [www.wikipedia.org/wiki/Mantelkonvektion](http://www.wikipedia.org/wiki/Mantelkonvektion)
5. vgl. [www.geologieinfo.de/plattentektonik/plattentektoniktheorie.htm](http://www.geologieinfo.de/plattentektonik/plattentektoniktheorie.htm)
6. vgl. [www.earthsci.unibe.ch/lexikon/plattentektonik.htm](http://www.earthsci.unibe.ch/lexikon/plattentektonik.htm)
7. vgl. Wissenschaftsmagazin der Techniker Krankenkasse
8. vgl. Levitus, S., J. Antonov, T.; Boyer (2005): Warming of the world ocean, 1955-2003, Geophys. Res. Lett., Vol. 32, No. 2, L02604, doi:10.1029/2004GL021592
9. vgl. Willis, J. K., D. Roemmich, and B. Cornuelle (2004), Interannual variability in upper ocean heat content, temperature, and thermocline expansion on global scales, J. Geophys. Res., 109, C12036, doi:10.1029/2003JC002260
10. vgl. bzw. zitiert aus. <http://lbs.hh.schule.de/welcome.phtml?unten=/klima/index.htm> - Meeresspiegelanstieg - Meeresspiegelanstieg durch Ausdehnung (sterisch) (Links)
11. vgl. [www.vulkanausbruch.de/text.htm](http://www.vulkanausbruch.de/text.htm)
12. vgl. [www.wissenschaft-online.de/sixcms/detail.php?id=793241](http://www.wissenschaft-online.de/sixcms/detail.php?id=793241)
13. Vgl. Cazenave, A. und R. Nerem (2004): Present-day sea level change: observations and causes. Reviews of Geophysics 42 (3), 139-15
14. vgl. <http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2rv.html>
15. vgl. [www.atmosphere.mpg.de/enid/2459c7f8bd9a2d78b33d5fb5e20ad5c9,0/1\\_\\_Ozeane\\_und\\_Klima/\\_Anstieg\\_des\\_Meeresspiegels\\_2rv.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2459c7f8bd9a2d78b33d5fb5e20ad5c9,0/1__Ozeane_und_Klima/_Anstieg_des_Meeresspiegels_2rv.html)
16. vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Hydrosph%C3%A4re>
17. vgl. <http://lbs.hh.schule.de/welcome.phtml?unten=/klima/index.htm> - Eis und Schnee - Die Kryosphäre im Klimasystem (Links)
18. vgl. [www.ikzm-d.de/main.php?page=125,2613](http://www.ikzm-d.de/main.php?page=125,2613)
19. vgl. Dyurgerov, M. and Meier, M.F. (2005) Glaciers and the Changing Earth System: a 2004 snapshot, [http://scholar.google.com/url?sa=U&q=http://instaar.colorado.edu/other/download/OP58\\_dyurgerov\\_meier.pdf](http://scholar.google.com/url?sa=U&q=http://instaar.colorado.edu/other/download/OP58_dyurgerov_meier.pdf)
20. vgl. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch die Untersuchung von Arendt, A.A., K.A. Echelmeyer, W.D. Harrison, C.S. Lingle, and V.B. Valentine, (2002): Rapid Wastage of Alaska Glaciers and Their Contribution to Rising Sea Level. Science 297, 382-386
21. vgl. die Begründung bei Meier, F., D.B. Bahr, M.B. Dyurgerov, & W.T. Pfeffer, W.T. (2005): Comment on 'The potential for sea level rise: New estimates from glacier and ice cap area and volume distributions'. Geophys. Res. Lett. 32, L17501, doi:10.1029/2005GL023319 (2005)
22. vgl. [www.atmosphere.mpg.de/enid/2rv.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2rv.html)
23. vgl. Klimaschutz lohnt sich, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), September 2006
24. zitiert aus [th03acc0152.swisswebaward.ch/glossar/glossar.htm](http://th03acc0152.swisswebaward.ch/glossar/glossar.htm)

25. vgl. <http://lbs.hh.schule.de/welcome.phtml?unten=/klima/index.htm> - Meeresspiegelanstieg – Der Meeresspiegelanstieg in den letzten 100 Jahren (Links)
26. vgl. <http://lbs.hh.schule.de/welcome.phtml?unten=/klima/index.htm> - Erste Ergebnisse des IPCC-Berichts 2007 - Die wichtigsten Veränderungen im Überblick
27. [www.mpimet.mpg.de/presse/faqs/wie-stark-steigt-der-meeresspiegel.html](http://www.mpimet.mpg.de/presse/faqs/wie-stark-steigt-der-meeresspiegel.html)
28. <http://www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/nano/astuecke/103960/index.html>
29. vgl. <http://lbs.hh.schule.de/welcome.phtml?unten=/klima/index.htm> - Meeresspiegelanstieg - Regionale Folgen: Europa
30. zitiert aus bzw. vgl. S. Rahmstorf und H.J. Schellnhuber (2006): Der Klimawandel, München

## VIII. Quellenverzeichnis

### Abbildungen:

Abb. 1: Hamburger Bildungsserver, D. Kasang:

<http://www.klimawissen.de/klima/klimawandel/klimageschichte/geschichte4.html>

Abb. 1: Hamburger Bildungsserver, D. Kasang:

[www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/beobachtung.html](http://www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/beobachtung.html)

Abb. 2: Hamburger Bildungsserver, D. Kasang:

[www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/einleitung.html](http://www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/einleitung.html)

Abb. 3: Hamburger Bildungsserver, D. Kasang:

[www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/sterisch.html](http://www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/sterisch.html)

Abb. 4: Hamburger Bildungsserver, D. Kasang:

[www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/eustatisch.html](http://www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/eustatisch.html)

Abb. 5,6: DKRZ: [http://www.dkrz.de/dkrz/science/IPCC\\_AR4/scenarios\\_AR4\\_Sealevel](http://www.dkrz.de/dkrz/science/IPCC_AR4/scenarios_AR4_Sealevel)

Abb. 7: Hamburger Bildungsserver, D. Kasang:

[www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/europa.html](http://www.klimawissen.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/europa.html)

Abb. 8: Hamburger Bildungsserver, D. Kasang:

[www.klimawissen.de](http://www.klimawissen.de)

## Literatur:

Arendt, A.A., K.A. Echelmeyer, W.D. Harrison, C.S. Lingle, and V.B. Valentine, (2002): Rapid Wastage of Alaska Glaciers and Their Contribution to Rising Sea Level. Science 297, 382-386

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU),  
Klimaschutz lohnt sich, September 2006

Cazenave, A. und R. Nerem (2004): Present-day sea level change: bservations and causes. Reviews of Geophysics 42 (3), 139-15

Dyurgerov, M. and Meier, M.F. (2005) Glaciers and the Changing Earth System: a2004 snapshot,  
<http://scholar.google.com/url?sa=U&q=http://instaar.colorado.edu/other/download/O>  
P58\_dyurgerov\_meier.pdf

Hamburger Bildungsserver

<http://bs.hh.schule.de/welcome.phtml?unten=/klima/index.htm>

- Meeresspiegelanstieg - Einführung (Links)
- Meeresspiegelanstieg - Meeresspiegelanstieg durch Ausdehnung (sterisch) (Links)
- Eis und Schnee - Die Kryosphäre im Klimasystem (Links)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Hydrosph%C3%A4re>

Levitus, S., J. Antonov, T.; Boyer (2005): Warming of the world ocean, 1955 - 2003, Geophys. Res. Lett., Vol. 32, No. 2, L02604 10.1029/2004GL021592

Meier, F., D.B. Bahr, M.B. Dyurgerov, & W.T. Pfeffer, W.T. (2005): Comment on'The potential for sea level rise: New estimates from glacier and ice cap area and volume distributions'. Geophys. Res. Lett. 32, L17501, doi:10.1029/2005GL023319 (2005)

Pott, R. (2003): Allgemeine Geobotanik - Biogeosysteme und Biodiversität, Klima und Klimaänderungen — Erwärmen wir die Erde tatsächlich?, Springer Verlag Berlin Heidelberg, S.113 – 164.

S. Rahmstorf und H.J. Schellnhuber(2006): Der Klimawandel, München

ThinkQuest Swiss Web Award, 2003: Beitrag Klimawandel von Madeleine Fritschi und Johannes Josi, [th03acc0152.swisswebaward.ch/glossar/glossar.htm](http://th03acc0152.swisswebaward.ch/glossar/glossar.htm)

Willis, J. K., D. Roemmich, and B. Cornuelle (2004), Interannual variability in upper ocean heat content, temperature, and thermosteric expansion on global scales, J. Geophys. Res., 109, C12036, doi:10.1029/2003JC002260

Wissenschaftsmagazin der Techniker Krankenkasse

[www.atmosphere.mpg.de/enid/2rv.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2rv.html)

[www.atmosphere.mpg.de/enid/2459c7f8bd9a2d78b33d5fb5e20ad5c9,0/1\\_\\_Ozeane\\_und\\_Klima/\\_Anstieg\\_des\\_Meeresspiegels\\_2rv.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2459c7f8bd9a2d78b33d5fb5e20ad5c9,0/1__Ozeane_und_Klima/_Anstieg_des_Meeresspiegels_2rv.html)

[www.earthsci.unibe.ch/lexikon/plattentektonik.htm#oben](http://www.earthsci.unibe.ch/lexikon/plattentektonik.htm#oben)

[www.geologieinfo.de/plattentektonik/plattentektoniktheorie.htm](http://www.geologieinfo.de/plattentektonik/plattentektoniktheorie.htm)

[www.geologie.uni-stuttgart.de/edu/msp/msp\\_pop1.html](http://www.geologie.uni-stuttgart.de/edu/msp/msp_pop1.html)

[www.ikzm-d.de/main.php?page=125,2613](http://www.ikzm-d.de/main.php?page=125,2613)

[www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,418165,00.html](http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,418165,00.html)

- [Neue Studien: Erde erhitzt sich schneller als befürchtet](#) (23.05.2006) (Link)

[www.vulkanausbruch.de/text.htm](http://www.vulkanausbruch.de/text.htm)

[www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/s/sedimentation.htm](http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/s/sedimentation.htm)

[www.wikipedia.org/wiki/Mantelkonvektion](http://www.wikipedia.org/wiki/Mantelkonvektion)

[www.wikipedia.org/wiki/Plattentektonik](http://www.wikipedia.org/wiki/Plattentektonik).

[www.wissenschaft-online.de/sixcms/detail.php?id=793241](http://www.wissenschaft-online.de/sixcms/detail.php?id=793241)