

Der Klimawandel und seine Folgen „Die Ursachen und Veränderungen des Meeresspiegelanstiegs. Heute und in der Zukunft“

Facharbeit im Kursunterricht des Vertiefenden Unterrichts
Anne-Frank-Gesamtschule-Oberstufe Bargteheide

eingereicht bei
Herrn Bernd Sommer

vorgelegt von
Alexander Staack (AlexanderStaack@googlemail.com) und
Jan-Patrick N. Kalckhoff (Kalckhoff2@aol.com)
Klasse 11b

Bargteheide, Juni 2007

Inhalt

Vorwort	3
Einleitung	4
Die thermische Ausdehnung des Wassers	5
Gletscherschmelze	6
Abbrechende oder abschmelzende Eismassen in Grönland und der Antarktis	7
Menschliche Eingriffe in natürliche Wasserspeicher	9
Änderung des Ozeanbeckens	9
Der globale Meeresspiegelanstieg und seine Folgen für die Bevölkerung	11
Allgemeine Zusammenfassung des Meeresspiegelanstiegs in der Vergangenheit und Prognosen für die Zukunft	12
Erstellen einer Klimagrafik	15
Bibliographie	16
Abbildungsverzeichnis	17

Vorwort

Das Ausarbeiten einer solchen schriftlichen Facharbeit hat uns vor eine neue Herausforderung gestellt, letztendlich nicht nur dadurch, weil diese Aufgabe als Gruppenarbeit zu bewältigen war. Dieser neuen Herausforderung sind wir tapfer entgegen geschritten, wir mussten als Verband zusammen produktiv arbeiten und uns organisieren, so dass wir zu einem von uns selbst gesetzten Ziel gekommen sind.

In den Medien (Fernsehen, Zeitung bzw. Boulevardpresse usw.) werden häufig die Folgen des Meeresspiegelanstiegs sehr übertrieben dargestellt. Daher haben wir es uns zum Ziel gesetzt, detaillierte Informationen zu diesem Thema zu recherchieren, um Klarheit zu schaffen. So haben wir uns für das Facharbeitsthema „Die Ursachen und Veränderungen des Meeresspiegelanstiegs heute und in der Zukunft“ entschieden.

Einen besonderen Dank möchten wir Herrn Dr. Kasang ausdrücken, der für die richtige Themenwahl ein entscheidendes Zugpferd war. Des Weiteren möchten wir auch der Studentin Anja Ludwig für den Einblick in die wissenschaftlichen Arbeitsmethoden der Klimaforschung am [Max-Planck-Institut für Meteorologie](#) danken.

Einleitung

Der Meeresspiegelanstieg ist weltumspannend und allgegenwärtig, weshalb sich niemand diesem Problem entziehen kann. Diese Arbeit wird sich mit der Thematik des Meeresspiegelanstiegs befassen und erläutern, wodurch diese Problematik in den nächsten Jahrzehnten entstehen kann.

Wie in der Abbildung 1 schematisch gezeigt wird, gibt es für den Anstieg des Meeresspiegels hauptsächlich fünf Gründe:

- § Ausdehnung des Wassers durch die Erwärmung
- § Gletscherschmelze
- § abbrechende oder abschmelzende Eismassen in der Antarktis und in Grönland
- § menschliche Eingriffe in natürliche Wasserspeicher
- § Änderung des Fassungsvermögens des Ozeanbeckens

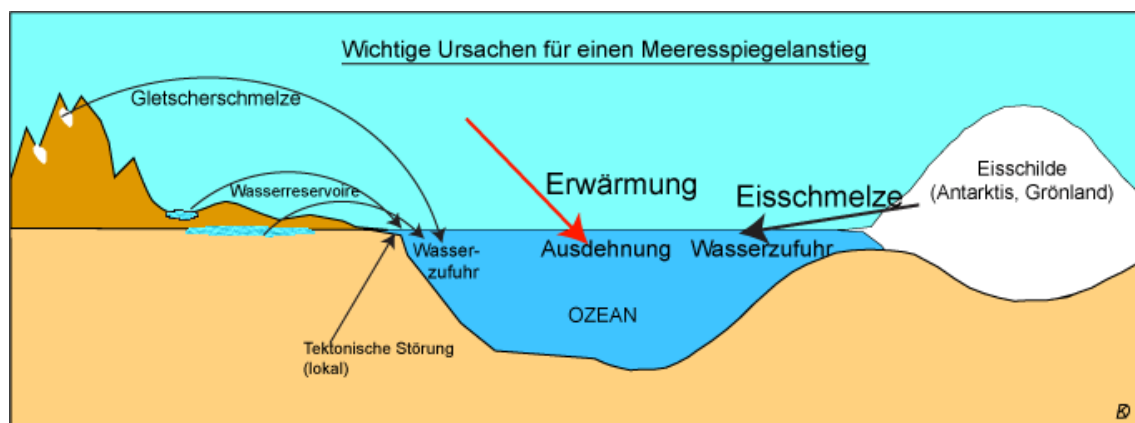


Abb. 1: Die Darstellung zeigt die wichtigsten Ursachen für den gegenwärtigen und in den nächsten Jahrhunderten zu erwartenden Meeresspiegelanstieg.

Diese fünf Gründe werden im weiteren Verlauf der Fachausarbeitung näher erläutert. Außerdem werden wir auf die Folgen der oben genannten Punkte eingehen, indem wir Fakten auflisten und definieren.

Zudem möchten wir mit dieser Arbeit die tatsächlichen Fakten des Meeresspiegelanstieges darlegen und versuchen, den Leser von den in den Medien oftmals übertriebenen Darstellungen des Meeresspiegelanstiegs abzulenken und zu den Tatsachen hinzuführen.

Die thermische Ausdehnung des Wassers

Eine entscheidende Ursache für den globalen Meeresspiegelanstieg ist die thermische Ausdehnung des Wassers, auch thermosterischer Anstieg genannt. Durch die vermehrten CO₂Emissionen in die Atmosphäre wird der Treibhauseffekt weiter vorangetrieben, wodurch die Temperatur auf unserem Planeten global ansteigt. Dieser Temperaturanstieg wirkt sich auch auf die gesamte Meeresoberfläche aus. Die Erwärmung hat zur Folge, dass sich die Meere ausdehnen.

Bei einem Temperaturanstieg des gesamten Meerwassers um nur 1 °C würde die Gesamtheit des Meeresspiegels um etwa 0,5m ansteigen.¹ Eine solch gleichbleibende Erwärmung, bezogen auf die gesamte Wassersäule, ist innerhalb einer kurzen Zeit jedoch unrealistisch, weil sich der tiefe Ozean sehr viel langsamer erwärmt als die Meeresoberfläche. Das liegt daran, dass ein Wasser-Austausch zwischen der Ober- und der Tiefenschicht stattfindet, der jedoch durch die Erwärmung der Wasseroberfläche massiv verlangsamt wird, was wiederum zur Folge hat, dass sich der Meeresspiegelanstieg auch verlangsamt.

Selbst wenn ein sofortiger Klimaschutz in Kraft gesetzt werden würde, würde der Meeresspiegel weiterhin ansteigen, was auf Grund der selbstständigen Erwärmung des Tiefenwassers weiter vorangetrieben wird, die ihre Ursache in der Vermischung von warmem Oberflächenwasser mit kühlerem Wasser aus tieferen Schichten hat. Alleine durch diese thermische Ausdehnung des Wassers kann der Meeresspiegel bis 2100 zwischen 13 und 18 cm (Lufttemperaturanstieg um 1,1 bis 1,5 °C) bis hin zu 19 und 30 cm (bei 2,2 bis 3,5 °C) ansteigen.²

Auch der in den letzten Jahrzehnten beobachtete Meeresspiegelanstieg geht größtenteils auf die Erwärmung der Wassermassen in den Ozeanen zurück. Abbildung 2 zeigt den thermosterischen Meeresspiegelanstieg in den Jahren 1955-2003, er betrug circa 2,4 cm.

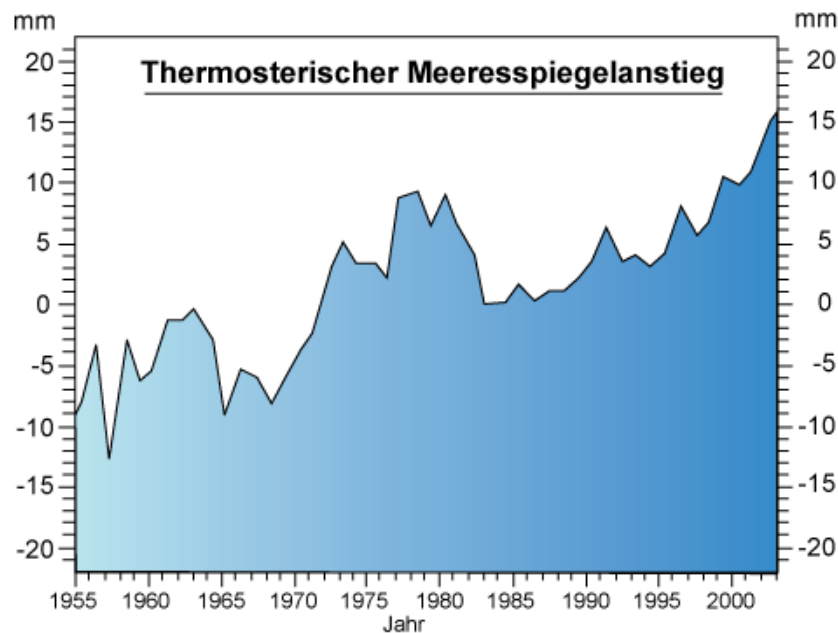


Abb. 2: Der durch Erwärmung verursachte Meeresspiegelanstieg 1955-2003.

¹ vgl.: Hamburger Bildungsserver <http://www.hamburger-bildungsserver.de/index.phtml?site=themen.klima>

² vgl.: Wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/Folgen_der_globalen_Erw%C3%A4rmung

In der Abbildung 3 wird die Differenz der Temperatur der Meeresoberfläche von Heute bis 2100 in Grad Celsius dargestellt. So zeigt sich ein eindeutiger Trend in Richtung steigender Temperaturen. Die Abbildung fundiert auf dem Szenario B1, welches von einer stetigen Verbesserung der Technologien und einem steigendem ökologischen Bewusstsein der Menschheit ausgeht. Bemerkenswert ist, dass sich die ökologischen Verhältnisse zur Natur in dem Szenario verbessern und trotzdem ein eindeutiger Trend der Erwärmung zu verzeichnen ist. Das liegt in erster Linie an der langsamen Reaktionszeit der Ozeane auf globale Klimaveränderungen.

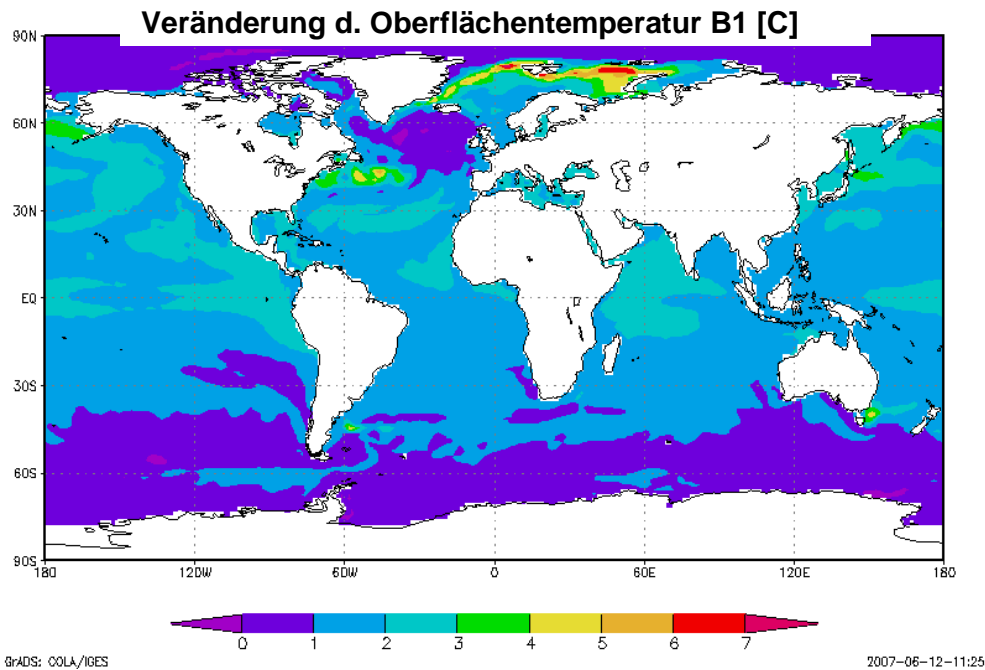


Abb. 3: Differenz der Temperatur der Meeresoberfläche von Heute bis 2100 in °C unter der Annahme des SRES-Szenario B1.

Gletscherschmelze

Das Schmelzen der Gletscher ist ein weltumspannendes Problem. So schmelzen die Gletscher z.B. nicht nur in den Alpen, sondern auch in den Rocky Mountains, im Himalaja und den Anden, wodurch das Problem entsteht, dass in jeder Region der Erde aufzufinden ist., da immer mehr Wasser in die Ozeane fließt, Das Abschmelzen der Gletscher begann bereits Ende des 19. Jahrhunderts, hat sich aber nach 1980 noch deutlich beschleunigt, verursacht durch die weltweit auftretende Erwärmung des Klimas . Besonders stark war die Gletscherschmelze auch in den überdurchschnittlich warmen Jahren des neuen Jahrtausends. So verlieren manche Gletscher im Jahr bis zu 30 Meter an Länge und bis zu 60 cm im Durchmesser.

Die auf der Erde vorhandenen Gletscher und Eisschilde bedecken eine Fläche von ca. 680 000 km² und bilden ein Volumen von 180 000 km³, was bei einem kompletten Abschmelzen einem ungefähren Meeresspiegelanstieg von 0,5 m entspricht.

Die Massenbilanz der Gletscher hängt stark von der Temperatur und nicht zuletzt auch von der Menge und der Form der Niederschläge ab. Die Temperatur spielt in diesem Falle aber eine besondere Rolle. So ist der Temperaturanstieg weltweit die Hauptursache der Gletscherschmelze. Wenn z.B. die Temperatur um „nur“ 1°C zunehmen würde, bedeutet das, dass die Niederschläge um bis zu 25% ansteigen müssten, damit die Eisschilde die Möglichkeit haben, ihre Masse beizubehalten³. Wenn nicht, geht die Masse in Abhängigkeit von der Fläche der Eisschilde und von der Temperatur zurück das heißt, wenn die Gesamtheit der Eisfläche geringer wird, wird sie auch anfälliger auf einen weiteren klimatisch bedingten Temperaturanstieg innerhalb der Atmosphäre reagieren.

Prognosen von Wissenschaftlern des Worldwatch Institute gehen davon aus, dass die Gletscher weltweit bis zum Jahre 2050 etwa 25 % ihrer Masse verlieren werden.⁴

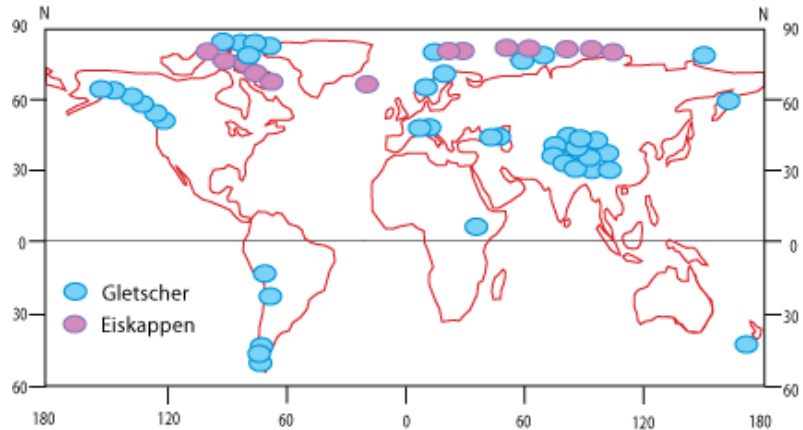


Abb. 4: Verteilung wichtiger Gletscher- und Eiskappengebiete auf der Erde

Abbrechende oder abschmelzende Eismassen in Grönland und der Antarktis

Grönland ist - anders als der Name es übersetzt sagt („grünes Land“) - fast ganz von einer kilometerdicken Eisschicht bedeckt. Grönlands Eispanzer bedeckt annähernd 2 Millionen Quadratkilometer und weist eine durchschnittliche Dicke von 2,3 km auf. Bei einem Abschmelzen des gesamten Grönland-Eises würde sich der Meeresspiegel um bis zu sieben Meter heben.

Neueste Untersuchungen, die mithilfe von Satelliten durchgeführt wurden, zeigen, dass sich die Gletscher in Süd- und Zentralgrönland zunehmend schneller auf das Meer zu bewegen als noch vor 10 Jahren. Zudem hat sich auf Grund der Klimaerwärmung die Eismenge, die von diesen Gletschern in den Atlantik gelangt ist, in den letzten 10 Jahren verdoppelt. Wissenschaftler haben ausgerechnet, dass Grönland zur weltweiten Erhöhung des Meeresspiegels etwa 2,5 mm jährlich beiträgt.

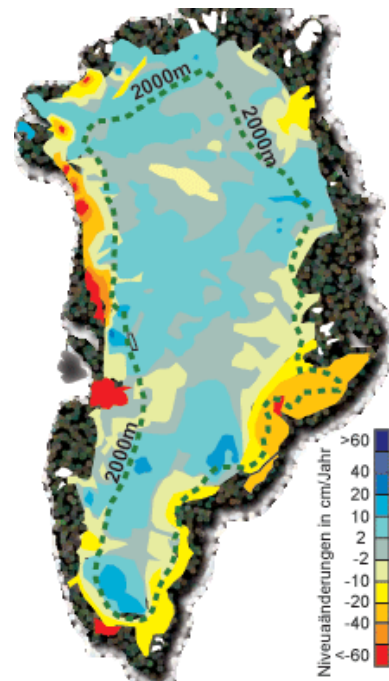


Abb. 5: Veränderungsrate der Eishöhe 1997-2003 im Vergleich zu 1993-1998 nach Satellitendaten

³ vgl: Hamburger Bildungsserver: <http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimafolgen/eis/gletscher.html>.

⁴ vgl: Greenpeace, 2002

Antarktis

Doch noch erschreckender wäre das Abschmelzen der Antarktis. Fast die gesamte Landmasse der Antarktis (Fläche: 13,2 Mio. km²) ist mit einer gigantischen Eisschicht überdeckt, die ein Gesamtvolumen von ungefähr 26 Mio. km³ umfasst. Damit ist die Antarktis der welt weit größte Süß-Wasser-Speicher, gefolgt von Grönland.

Bei einem Abschmelzen der gesamten Antarktis würde der Meeresspiegel um mehr als 60 Meter angehoben werden. Neue Forschungsergebnisse haben jedoch gezeigt, dass die größere Ost-Antarktis nicht wärmer, sondern kälter wird. Laut Wissenschaftlern der Colorado State University und der National Oceanic and Atmospheric Administration ist das Ozonloch, das sich jeden Frühling über der Antarktis öffnet, dafür verantwortlich, dass sich die Antarktis weiter abkühlt⁵. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass das Ozonloch auch für die stärkeren Winde über der Antarktis verantwortlich ist. Diese Windsysteme, die sich permanent um den Südpol befinden, halten die kalte Luft über dem Polargebiet. Der Antarktische Kontinent wird in Ost- und West-Antarktis aufgeteilt, wobei der Osten wesentlich größer ist als der Westen. Auf der Abbildung 6 ist die Antarktis zu sehen. Mithilfe von Satellitendaten hat man herausfinden können, in welchen Regionen der Antarktis das Eis weiter wächst und in welchen die Gletscher abschmelzen.

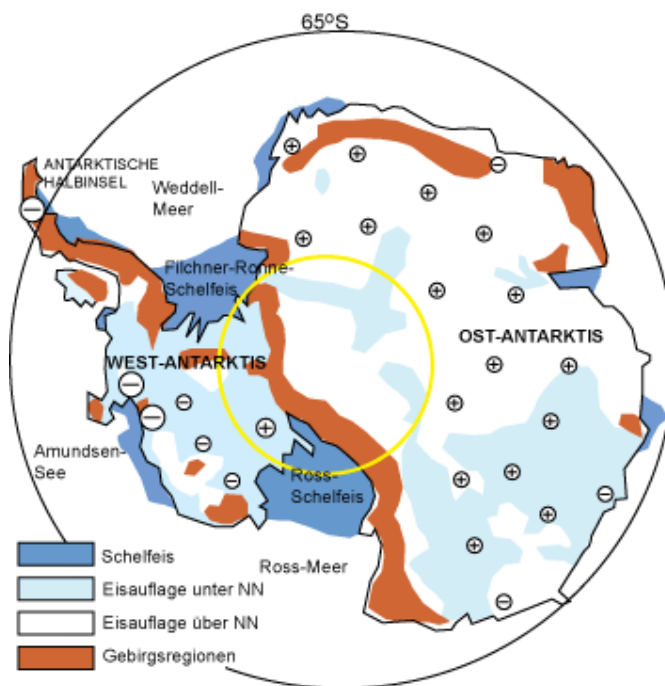


Abb. 6: Der Eisschild der Antarktis.
Gelber Kreis: keine Satellitenbeobachtung;
kleine Kreise: Zu- bzw. Abnahme der Eisdicke.

Die Kreise auf der Karte symbolisieren ein Zunehmen bzw. Abnehmen der Eismassen. Es wird deutlich, dass die Massenbilanz in der inneren Ost-Antarktis einen positiven Trend hat, die Eismassen also zunehmen. Im Gegensatz dazu verringern sich allerdings die Eismassen in der West-Antarktis und an wenigen Randgebieten in der Ost-Antarktis.

Die Massenzunahme im Inneren des Kontinents geschieht aufgrund verstärkter Niederschläge, die aus der globalen Erwärmung resultieren. Der Massenverlust der Eisschilder an den Küstenregionen wird als Folge der Eisdynamik an den Schelfeisgebieten gesehen.

Unter Eisdynamik versteht man die Bewegung des Eises Richtung Meer, die durch einen Schmelzprozess des Schelfeises beschleunigt werden kann.

⁵ vgl: Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft

Menschliche Eingriffe in natürliche Wasserspeicher

Eine weitere Ursache, die sich negativ auf den Meeresspiegelanstieg auswirkt, ist der menschliche Eingriff in die natürlichen Wasserreservoirs der Erde. So werden unter anderem Wasservorräte abgepumpt und Flüsse umgelenkt, was führt zum Austrocknen von Seen und Flussläufen, die dann ihr Wasser nicht mehr ins Meer abführen. Das fremd geleitete Wasser wird dann meist zur Bewässerung in der Landwirtschaft verwendet und verdunstet. Als bestes Katastrophen-Beispiel, wenn auch aus anderem Grunde berühmt, dient der Aral-See, welcher an den Grenzen von Kasachstan und Usbekistan liegt. Aufgrund des dort herrschenden Klimas gelten Wüstenverhältnisse. Jedoch konnte der See über Jahrhunderte hinweg dort bestehen, was an der stetigen Wasserzufuhr durch Flüsse lag, die durch Niederschläge an entfernten Berghängen mit Wasser gespeist wurden. Nun hat sich aber der Mensch diesen natürlichen Wasserkreislauf zu Nutze gemacht und leitet das Wasser der Flussläufe um. Das hat jedoch zur Folge, dass der Aral See nicht mehr gegen das Austrocknen ankämpfen kann, und verdunstet. So kann das verdunstete Wasser durch verschiedene Zirkulationen in die Weltmeere zurückgelangen. Das dann zur Folge hat, dass der Meeresspiegel weiter ansteigen kann. Allerdings wirkt sich dieser Faktor minimal auf den globalen Meeresspiegelanstieg aus.



Abb. 7: Veränderung des Aralsees zwischen 1850 und Heute.

Änderung des Ozeanbeckens

Eine weitere Ursache für den globalen Meeresspiegelanstieg ist die Änderung des Fassungsvermögens der Ozeanbecken durch Hebungen und Senkungen der Erdkruste.

Diese Änderung der Ozeanbecken wird auch „tektonische Änderung“ genannt und ist in erster Linie regional bedeutend. So ist es möglich, dass eine Landfläche im Ozean versinkt und so unbewohnbar wird. Hierbei handelt es sich um einen extrem langsamen Prozess. Es gibt jedoch auch Ausnahmen, wo sich die Erdkruste in kurzer Zeit gehoben oder auch gesenkt hat. Ein Beispiel für die tektonische Verschiebung des Ozeanbeckens stellt die Skandinavische Halbinsel dar. Durch das Schmelzen der Eismassen auf der Halbinsel nach dem Ende der letzten Kaltzeit ist sie leichter geworden und hebt sich an einigen Stellen bis zu einem Meter in hundert Jahren an.

Durch die große Menge an Eis auf dem Antarktischen Kontinent wird das Land durch dieses große Gewicht tief in den Erdmantel hinein gedrückt. Sollte das Eis der Antarktis schmelzen, würde sich das Land allmählich bis zum isostatischen Ausgleich heben, da das Gewicht der Eismassen nicht mehr auf ihm lastet. Wenn die Antarktis oder die Skandinavische Halbinsel durch den Massenverlust wieder aufsteigen, hätte dies allerdings auch Folgen für den weltweiten Meeresspiegel. Da die Landmassen unterschiedlichen Hebungsraten ausgesetzt sind, würde der Meeresspiegel an sich hebenden Küsten relativ gesehen sinken, an sich senkenden Küsten aber um so mehr steigen.

Abgeschaetzte Raten der tektonischen Veraenderung [mm/a]

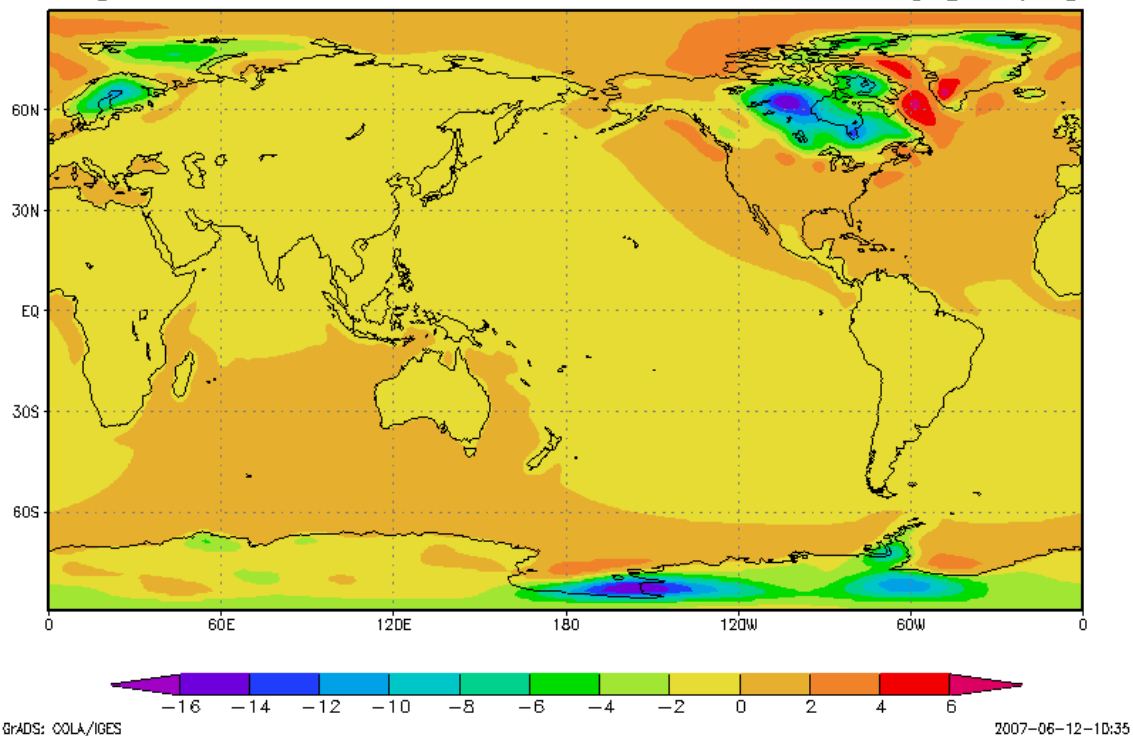


Abb. 8: Abgeschätzte Raten der tektonisch bedingten Hebungen und Senkungen der Erdkruste in mm/a. Die Abbildung zeigt die Rate der Senkungen, das bedeutet: negative Werte geben sich hebende Landmassen wieder.

Abbildung 8 zeigt die Hebung und Senkung der Erdkruste in Millimeter pro Jahr. In der Abbildung ist deutlich zu erkennen, dass zahlreiche Gebiete auf der Karte vorhanden sind, die einen positiven wie auch negativen Anstieg der Erdkruste zu verzeichnen haben.

Jedoch ist es schwer herauszufinden, wie stark sich die tektonische Veränderung auf den Meeresspiegelanstieg auswirken kann.

Der globale Meeresspiegelanstieg und seine Folgen für die Bevölkerung

Die Gefahr des Meeresspiegelanstieges wird mit einer einfachen Vorstellung des Anstiegs der Wassersäulen abgetan. Dabei sind die daraus resultierenden Folgen für die Umwelt und die Bevölkerung viel gravierender, als viele Menschen es sich vorstellen. Wir sprechen zum Beispiel von der Umsiedlung von Millionen Menschen, von Bodenerosion an Küstengebieten, stärkeres Auflaufen von Sturmfluten und die Versalzung des lebenswichtigen Grundwassers.

Global gesehen liegen etwa 2 Millionen km² Landmassen in einer kritischen Zone, die bei einem Meeresspiegelanstieg von nur 2 Metern vollständig überschwemmt werden würden. Abgesehen von der ökologischen Katastrophe müssten nach heutigem Stand (Stand 1995), über 60 Millionen Menschen umgesiedelt werden. Wenn man sogar von einem Anstieg von 5 Metern ausgeht, leben etwa 275 Millionen Menschen in einer gefährdeten Zone. Dieses Szenario hätte - abgesehen von den Problemen der betroffenen Bevölkerung - gigantische wirtschaftliche Folgen. Acht der zehn am stärksten besiedelten Städte der Welt wären ebenfalls betroffen.

Rechnet man mit einer für das Jahr 2100 geschätzten Bevölkerung, würden 410 Millionen Menschen ihr Zuhause verlieren.

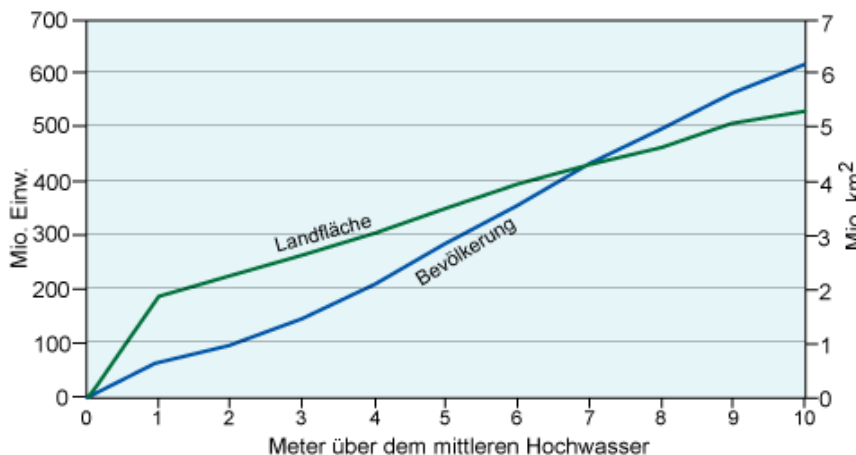


Abb. 9: Die Verteilung der globalen Landfläche (ohne Antarktis) und der Bevölkerung im Jahre 1995 in Abhängigkeit von der Höhe über der mittleren Hochwasserlinie

Der Landverlust an den Küstengebieten resultiert aus der Bodenerosion tiefer liegender Küstenzonen. Ein Großteil der Küstenlinie würde nach einiger Zeit verschwinden und ins Meer abrutschen. Besonders betroffen sind auch die Sandküsten, die schon auf einen geringen Meeresspiegelanstieg sehr empfindlich reagieren. Die Erosionsraten an den Sandküsten ist um ein Vielfaches stärker als die Anstiegsraten des Meeresspiegels. Dieses Phänomen lässt sich mit Hilfe der Brun'schen Regel erklären, die auf der allgemeinen Molekular-Bewegung aufbaut. Im Durchschnitt würde eine Küstenbreite von 50–100 Metern verloren gehen, wenn der Meeresspiegel um 1 Meter steigt; das hängt allerdings von den unterschiedlichen Küstenformen ab.

Durch den Meeresspiegelanstieg wird das Ökosystem an den Küsten empfindlich gestört, z.B. auch das der Korallenriffe in den Tropen. Die Korallenriffe gelten heute nach dem tropischen Regenwald als artenreichster Lebensraum auf der Erde. Sie beherbergen nach Schätzungen 0,5 bis 2 Mio. verschiedene Arten. Der

Fischreichtum in diesen Gebieten ist ein bedeutender Faktor für viele Küstenbewohner. Außerdem gelten die Riffe als Wellenbrecher und verhindern eine großflächige Bodenerosion an den Küsten. Die Industrie, der Tourismus, Umweltverschmutzung und die Vergrößerung verschiedener Küstenstädte gefährden die Korallen. Auch mit der zunehmenden Erwärmung und Versauerung der Ozeane haben sie zu kämpfen. Der Meeresspiegelanstieg ist eine zusätzliche Stressquelle. Noch können die Korallenriffe zwar mit dem Anstieg des Meeres mithalten, wie diverse Forschungen ergaben, allerdings kann man nicht sagen, wie sich der zusätzlich Stress auf die Korallen auswirkt.

Bedenkt man allerdings heute schon die Folgen und handelt dementsprechend, zu gleichen Teilen auf der Welt, so könnte die Katastrophe eingedämmt werden. Abgesehen davon, wären die wirtschaftlichen Aspekte sehr dominierend, da eine spätere Wiederherstellung der weltweiten Ordnung ein Vielfaches mehr an geldlichen Mittel verschlingen würde im Vergleich zum Preis des jetzigen Klimaschutzes.

Allgemeine Zusammenfassung des Meeresspiegelanstiegs in der Vergangenheit und Prognosen für die Zukunft

Es war lange Zeit nicht möglich, genauere Daten über den Meeresspiegelanstieg zu bekommen, noch im Jahre 1990 wurde der Anstieg alleine in einem bestimmten Küstengebiet gemessen und bezog sich auf die umliegenden Landflächen, globale Beobachtungen gab es nicht. Doch das war nur ein sehr ungenaues Messverfahren bezogen auf den weltweiten Meeresspiegelanstieg. Heute ist es möglich, genaueste Information mit Hilfe von Satellitendaten zu bekommen, die in Verbindung mit Gitternetzmodellen den Anstieg der Weltmeere detailliert darstellen können. Jedoch ist auch dieses Messverfahren heute schon veraltet. Es sind bereits neuere Computerprogramme erschienen, mit denen es möglich ist, noch genauere Bezirksinformation zu bearbeiten und in einem noch kleineren Raster darstellen zu können.

Man konnte bereits zwischen dem 19. und 20. Jahrhundert einen Meeresspiegelanstieg in einem globalen Mittel um 10 – 20 cm feststellen. Wenn man die Ursachen dieses Phänomens in Betracht zieht und diese mit den heutigen Problemen vergleicht, ist ganz klar zu sehen, dass der Meeresspiegel in den zukünftigen Dekaden weiter ansteigen wird. Dieser Meeresspiegelanstieg hat seine Hauptursache in der thermischen Expansion (Ausdehnung) der Ozeane durch den globalen Temperaturanstieg der Atmosphäre. Bei einer langfristigen Stabilisierung der Erwärmung bei 3 °C wird der Meeresspiegel bis zum Jahr 2300 um 2,5-5,1 m steigen. Davon werden 0,4-0,9 m durch die thermische Ausdehnung, 0,2-0,4 m durch das Abschmelzen von Gebirgsgletschern, 0,9-1,8 m durch das Abschmelzen Grönlands und 1-2 m durch das Schmelzen der Westantarktis beigetragen.

Nach den meisten Modellrechnungen wird die thermische Expansion auch im 21. Jahrhundert der dominante Faktor sein. Erst in zweiter Linie spielt das Abschmelzen von Eis der Gebirgsgletscher und des Inlandeises auf Grönland eine Rolle. Der menschliche Eingriff in natürliche Wasserspeicher, der auch zum Anstieg des Meeresspiegels führt, macht nur einen kleinen Prozentsatz aus, genauso wie die tektonischen Veränderungen der Ozeanbecken.

In den von uns selbst erstellten Grafiken ‚Meeresspiegel Differenz A2‘ und ‚Meeresspiegel Differenz B1‘ ist der Verlauf des Meeresspiegels von heute bis zum Jahr 2100 zu erkennen. Dies wird in den Szenarien A2 und B1 dargestellt.

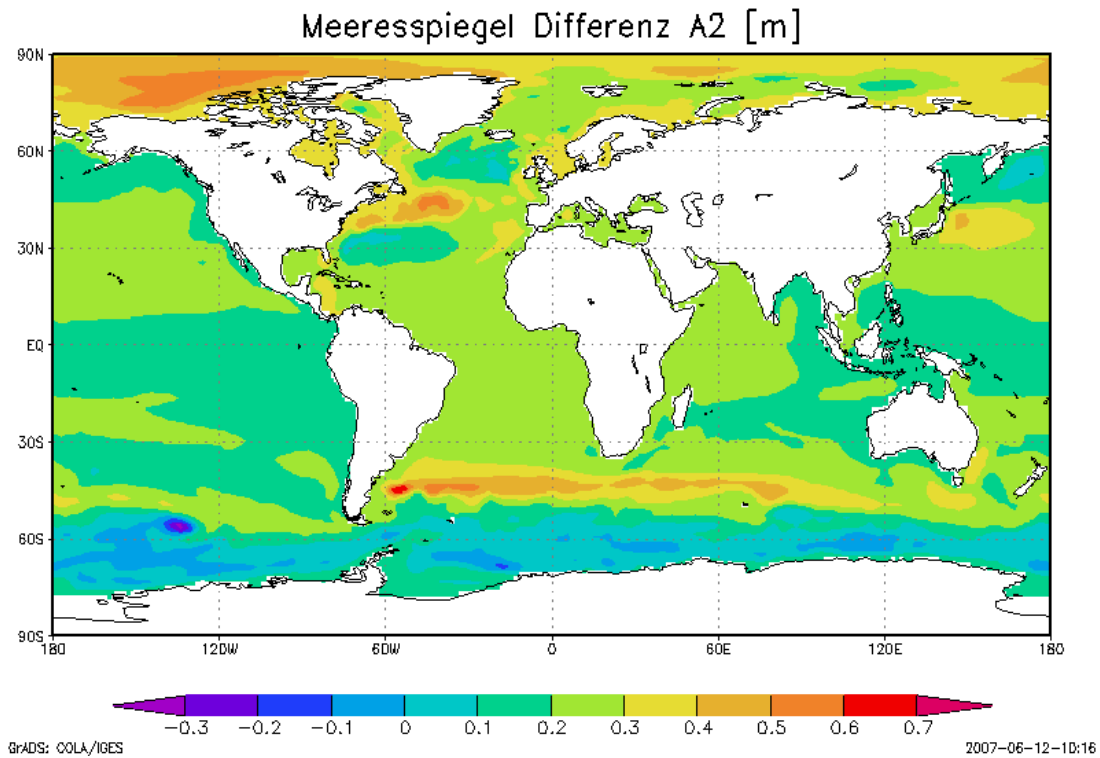
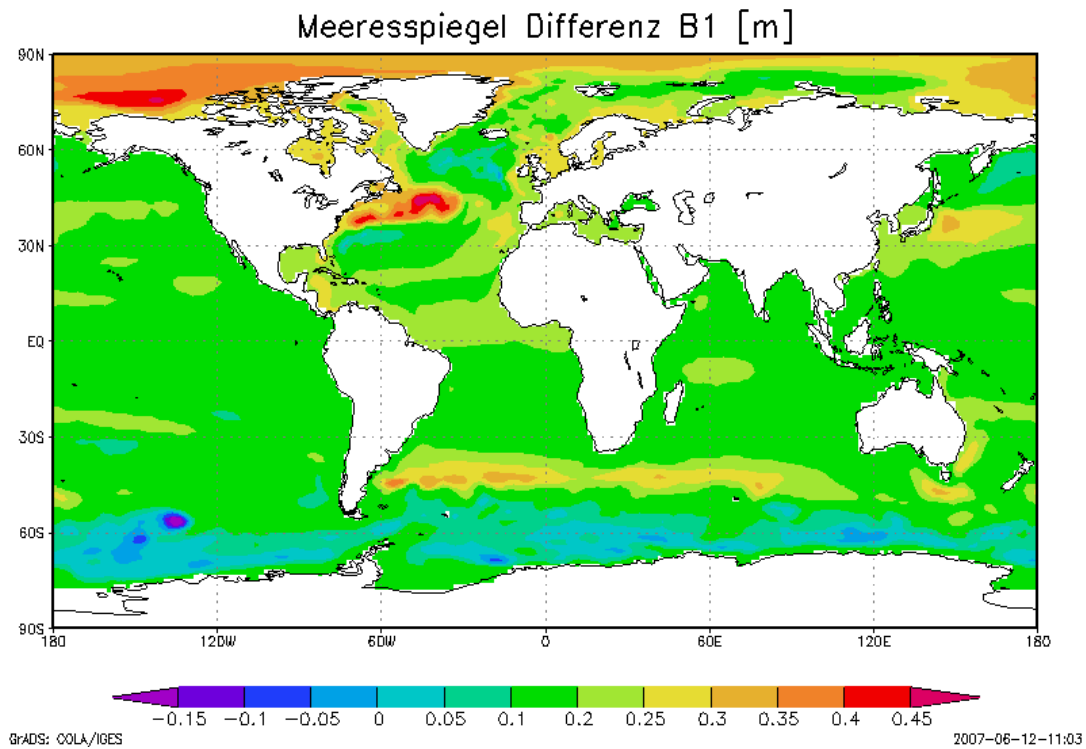


Abb. 10 & 11: Die Änderung der Höhe des Meeresspiegels bis zu den Jahren 2070-2100 im Vergleich zu dem derzeitigen Klimamittel für das A2-Szenario (oben) und das B1-Szenario (unten).



Das Szenario A2 geht von einer Primär ökonomisch orientierten Welt aus. Das bedeutet, dass keine intensiven Maßnahmen zum Klimaschutz durchgeführt werden. Bei B1 gelingt es der Menschheit, einen schnellen Wandel der wirtschaftlichen Struktur zu einer Informations- und Dienstleistungsgesellschaft mit einer Reduzierung des Materialverbrauchs und der Einführung sauberer und Ressourcen schonender Technologien durchzuführen.

In diesen beiden Abbildungen kann man deutlich erkennen, dass der Meeresspiegel bis zum Jahr 2100 deutlich steigen wird. Dies steht jedoch in der Abhängigkeit von dem Verhalten der Weltbevölkerung und dem Trend in Richtung ökonomischer oder ökologischer Tendenz. So kann man zum Beispiel erkennen, dass die Wassersäulen im Szenario A2 deutlich höher steigen werden als im Szenario B1. Diese Daten stammen aus Klimamodell-Berechnungen zum aktuellen Klimaprotokoll des IPCC.

Neuste Modellberechnungen ergeben einen Meeresspiegelanstieg von 15-80 cm zwischen 2000 und 2100 mit einem Mittelwert von 47 cm.

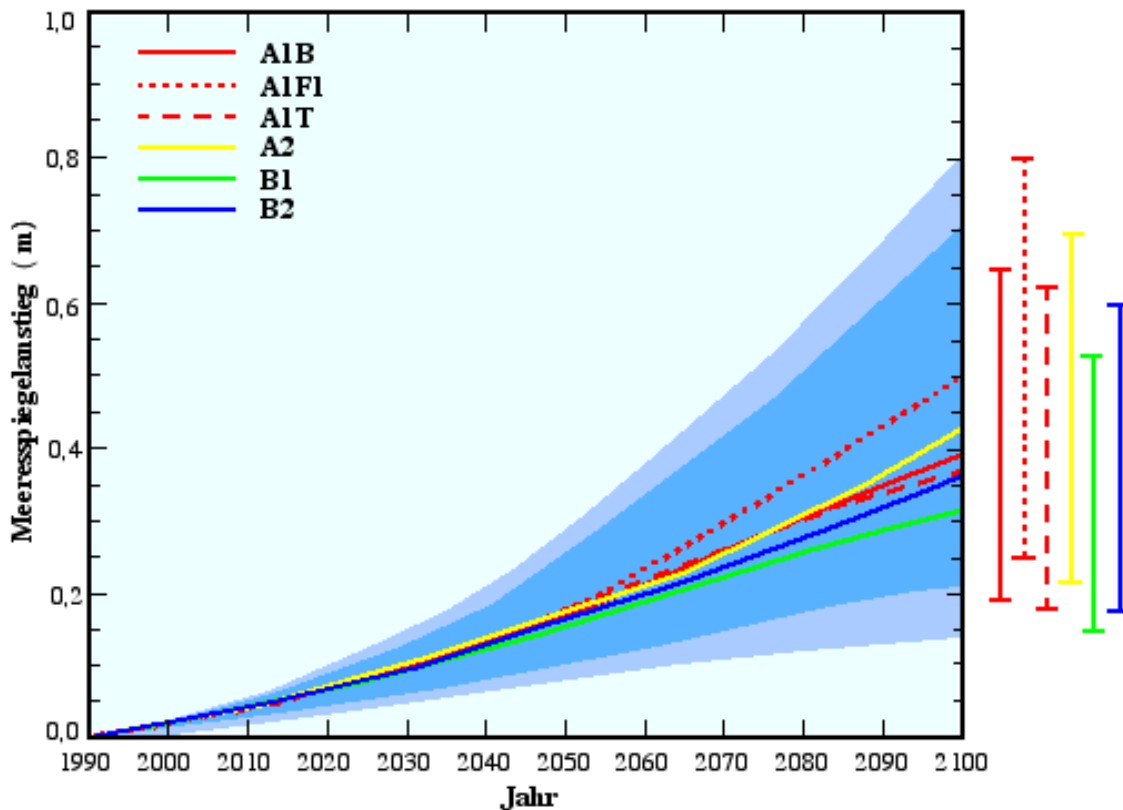


Abb. 12: Der Meeresspiegelanstieg bis 2100 für die verschiedenen Szenarien

Erstellen einer Klimagrafik

Im Verlauf unserer Arbeit haben wir verschiedene Klimagrafiken erstellt (Abb. 3, 8, 10, 11). Mit diesen Grafiken konnten wir uns die Ergebnisse unserer Arbeit veranschaulichen und so weitere Schlüsse aus unseren Ausarbeitungen ziehen. Der Verlauf einer solchen Grafikerstellung ist relativ umfangreich. So war unser erster Schritt, dass wir mit der Unterstützung einer studentischen Hilfskraft, Datenmaterial von den Servern des Max-Planks Instituts geladen haben. Im nächsten Schritt filterten wir die für uns wichtigen Daten heraus und bearbeiteten sie statistisch. Um die Daten grafisch darzustellen, muss man ein Skript für das Programm GrADS schreiben, in dem man alle für die Grafik wichtigen Details (wie zum Beispiel: Titel, Darstellungsart, Farbskalierung, das darzustellende geographische Gebiet,...) festlegt und in der dem Programm eigenen Sprache wiedergibt. Aus diesen Anweisungen kann GrAds dann aus dem vorgegebenen Datensatz eine Grafik erstellen.

```
'reinit'  
  
'sdfopen ../Daten/tm61_90.nc'  
  
'set display color white'  
  
'set gxout shaded'  
'set lon -180 180'  
'set lat -90 90'  
  
'set clevs 0 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30'  
  
'd var1-273.15'  
  
'draw title Oberflaechentemperatur 1961-1990 [C]'  
  
'run ../lib/cbarn.gs'  
  
'printim Bilder/Tos_veg.gif'  
  
#!/bin/tcsh  
  
#Jahre auswählen  
  
cdo selyear,1961/1990 ../Daten/Meeresspiegel/20CENT_zo_plus_dglbm_1860-2000_ym.nc Meer_verg.nc  
cdo selyear,2071/2100 ../Daten/Meeresspiegel/A2_zo_plus_dglbm_2001-2100_ym.nc Meer_zuk_A2.nc  
  
#Zeitliches Mittel bilden  
  
cdo timmean Meer_verg.nc Meer_verg_tm.nc  
cdo timmean Meer_zuk_A2.nc Meer_zuk_A2_tm.nc  
  
cdo sub Meer_zuk_A2_tm.nc Meer_verg_tm.nc Meer_diff_A2.nc
```

Abb. 13: Diese Abbildung zeigt ein so genanntes, von uns selbst erstelltes Script, welches zum Erstellen von Klimagrafiken unumgänglich ist.

Bibliographie

Als Primäre Informationsquelle haben wir das Internet genutzt, da uns keine besseren und aktuelleren Informationen zur Verfügung standen. Außerdem haben wir noch spezielle Fakten von Fachleuten auf diesem Gebiet gesammelt.

- Internetseite der Tageszeitung „Die Welt“
<http://www.welt.de/data/2005/03/07/606129.html>
- Politische Internetseite von der Partei „Bündnis 90 die Grünen“
<http://www.sh.gruene-fraktion.de>
- Österreichische Internetseite über diverse Forschungsthemen
<http://www.ch-forschung.ch/index.php?artid=192>
- Beiträge über wissenschaftliche Themen
<http://science.orf.at/science/news/39206>
- Hamburger Bildungsserver mit zahlreichen Themen zum Klimawandel
<http://www.klimawissen.de/>
- Wikipedia, allgemeines Internet Lexikon im Internet, durchsucht nach den Folgen der Globalen Erwärmung
http://de.wikipedia.org/wiki/Folgen_der_globalen_Erw%C3%A4rmung
- Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ)
http://www.dkrz.de/dkrz/science/IPCC_AR4/scenarios_AR4_Sealevel
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
<http://www.uni-kiel.de/aktuell/pm/2006/2006-032-odz-multidisziplin.shtml>
- Informationen der Internetseite des Max-Planck-Institutes in Hamburg
<http://www.mpimet.mpg.de/presse/faqs/schmelzen-die-gletscher-und-die-polkappen.html>
- Internetseite des Ministeriums für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen
http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/archiv/02/01/FR_1D033.HTM
- Internetseite der Frankfurter Allgemeine
<http://www.faz.net/s/Rub02DBAA63F9EB43CEB421272A670A685C/Doc~ECB60D338E71447FEB6D8345BE6F74CF4~ATpl~Ecommon~Scontent.html>
- Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft
http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/bericht-9731.html
- Greenpeace e.V., Boehlke, A. (02/2002):
www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/klima/polundgletscher_schmelze.pdf

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 : Kasang, D., Hamburger Bildungsserver:

<http://lbs.hh.schule.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/images/ursachen.gif>

Abb. 2 : Kasang, D., Hamburger Bildungsserver:

<http://lbs.hh.schule.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/images/thermometerisch.gif>

Abb. 3 : made by Alexander Staack & Jan-Patrick N. Kalckhoff

Abb. 4 : Kasang, D., Hamburger Bildungsserver: [http://www.hamburger-](http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimafolgen/eis/images/gletscher_global.gif)

[bildungsserver.de/klima/klimafolgen/eis/images/gletscher_global.gif](http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimafolgen/eis/images/gletscher_global.gif)

Abb. 5 : Kasang, D., Hamburger Bildungsserver:

<http://lbs.hh.schule.de/klima/klimafolgen/eis/images/groenland.gif>

Abb. 6 : Kasang, D., Hamburger Bildungsserver:

<http://lbs.hh.schule.de/klima/klimafolgen/eis/images/antarktis.gif>

Abb. 7 : Wikipedia – Die freie Enzyklopädie:

http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Karte_aralsee.jpg

Abb. 8 : eigenen Darstellung, die Daten wurden uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt von F. Landerer

Abb. 9 : Kasang, D., Hamburger Bildungsserver:

<http://lbs.hh.schule.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/images/bevoelkerung.gif>

Abb.10 : made by Alexander Staack & Jan-Patrick N. Kalckhoff

Abb.11 : made by Alexander Staack & Jan-Patrick N. Kalckhoff

Abb.12 : Kasang, D., Hamburger Bildungsserver:

<http://lbs.hh.schule.de/klima/treibhaus/images/meeresspiegel.gif>

Abb.13 : made by Alexander Staack & Jan-Patrick N. Kalckhoff