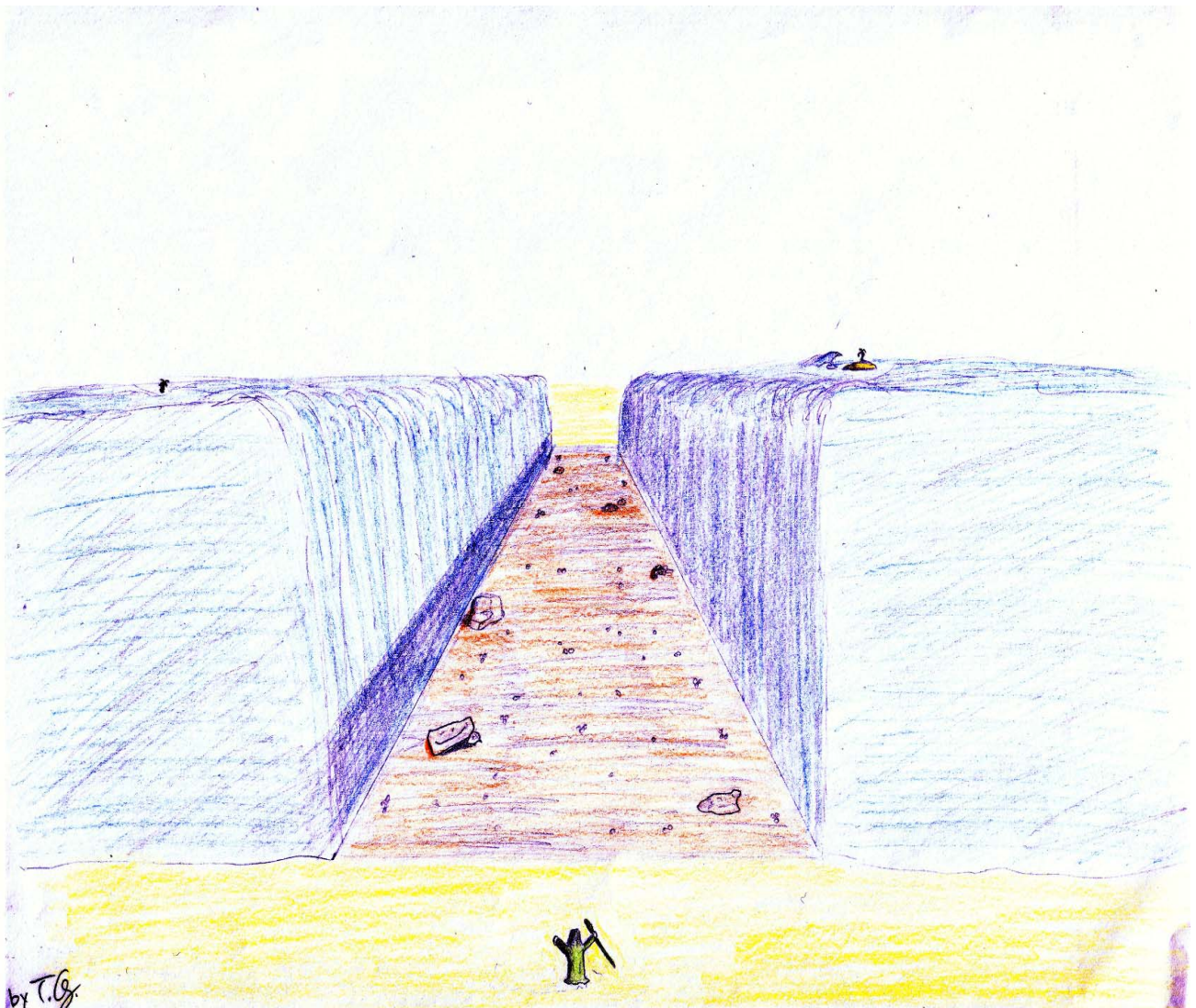


Der Meeresspiegelanstieg und seine Bedrohung für einige Inseln

von Tobias Goldmann, Pierre Braband und Phillip Haarhaus



Inhaltsverzeichnis

Introduction	3
Verschiedene Klimaszenarien	4
-Was ist eigentlich ein Klimaszenario?	
-Was braucht man für so ein Klimaszenario?	
-Welche Klimaszenarien bestehen und wovon gehen sie aus?	
Ursachen für den Meeresspiegelanstieg	5
Malediven	6
Tuvalu	8
Grand Anse Beach	9
Maßnahmen gegen die Bedrohung des Meeresspiegelanstiegs	10
-Allgemein	
-Künstliche Bäume	
-Schwefelraketen	
-Wolkensäen	
-Biokohle	
-Meeresdüngung, reflektierende Pflanzen, Weltraumspiegel und Deiche	
-Zusammenfassung	
Fazit	16
Quellen	18
Bilderquellen	18

Introduktion

Im Bereich unseres Klimaprojekts haben wir uns anfangs schwer getan, unser Thema zu finden. Wir dachten darüber nach, was uns am Klimawandel interessiert und was wir für wichtig genug erachteten, um dem ein Jahresprojekt zu widmen. Über einige Ecken haben wir uns über ein Thema im Bereich Meeresspiegelanstieg beschäftigt, da dieses Problem sehr aktuell ist und die wohl sichtbarsten Folgen für unseren Planeten hätte. Der Gedanke führte uns zu der Frage, wen der Meeresspiegelanstieg am meisten treffen würde. Schnell wurde uns klar, dass vor allem die flachen Inseln der Südsee von diesem Problem betroffen sein würden. Einige würden komplett unbewohnbar werden, andere wären stark geschädigt, würde man nichts gegen den Klimawandel unternehmen. Wir formulierten also folgende Leitfrage, unter der wir unser Thema gliedern würden:

Was sind die Konsequenzen des Meeresspiegelanstiegs für einige bestehende Inselgruppen und welche Gegenmaßnahmen können ergriffen werden?

Um das Thema ein wenig einzugrenzen, beschränkten wir uns auf zwei Inselstaaten und einen Strand. Tuvalu ist sehr flach und überwiegend vom Tourismus abhängig. Im Zuge des Klimawandels könnte diese Insel im Extremfall unbewohnbar werden. Die Inselgruppe der Malediven bestehen aus einer Hauptinsel (Malé) und einigen kleinen anderen Inseln. Auch das Haupteinkommen dieser Insel wird hauptsächlich durch den Tourismus erworben. Selbst wenn die Hauptbevölkerung dieser Inseln auf höherem Terrain wohnt, so sind doch der Grund für den starken Tourismus auf diesen Inseln die wunderbaren Strände, die zu jeder Jahreszeit warm und sonnig sind, das türkisblaue Meer und der weiche, helle Sand.



[Abb. 1] Strand auf Fihalhohi (Quelle: Wikipedia)

Zuletzt entschieden wir uns über eine größere Insel im Golf von Mexiko zu berichten: Grenada, genauer gesagt ein Strand auf Grenada, den Grand Anse Beach. Er ist von vielen als einer der schönsten Strände der Welt angesehen und könnte dem Klimawandel weichen müssen.

Die Strände sind es vor allem, die vom Anstieg des Meeresspiegels bedroht sind. Damit auch noch weitere Generationen ihre Schönheit genießen können und nicht auf die vagen Beschreibungen und Fotos ihres Großvaters angewiesen sind, muss jetzt gehandelt werden.

Wir wollen nun nicht einfach ausführen, was wie genau alles schlecht ist, sondern eine

optimistische Sicht darbieten, wie wir die Schönheit des blauen Planeten erhalten können. Ob uns dies gelingen kann, wird im Laufe dieser Arbeit festgestellt.

Verschiedene Klimaszenarien

Was ist eigentlich ein Klimaszenario?

Klimatologen stellen Szenarien auf. Prognosen, wie sich bestimmte Dinge (in diesem Fall der Meeresspiegelanstieg) in Zukunft entwickeln werden. Man betrachtet einen Sachverhalt und dazu beitragende Faktoren in der Vergangenheit. Idealerweise erfährt man so die Zusammenhänge, die für das jeweilige Szenario von Bedeutung sind, und kann, sofern man die Daten der Gegenwart hat, berechnen, wie sich dieser Sachverhalt in Zukunft entwickelt.

Was braucht man für so ein Klimaszenario?

Zuerst einmal braucht man Daten, viele, viele Daten. Daten wie Temperatur und Niederschlagsmengen – je nachdem, was für das Szenario relevant ist – werden gesammelt. Will man ermitteln, wie sich z.B. der Meeresspiegel in der Zukunft verhält, braucht man die Höhen von diesem in der Vergangenheit und bestenfalls Daten zu den Begebenheiten, die dazu geführt haben, dass er sich verhält, wie er sich verhält. Temperatur und Veränderung von Eismassen führen zu Veränderungen des Meeresspiegelanstiegs. Folglich braucht man das Wissen über die Temperaturen von vor 100 oder gar 1000 Jahren, um verlässliche Aussagen über den Meeresspiegelanstieg in der Zukunft treffen zu können. Je besser man weiß, wie sich verschiedene Faktoren in der Vergangenheit auf den betrachteten Sachverhalt auswirken, desto genauer kann man aussagen, wie sich dieser in Zukunft verhält. Hier kommt schon das erste Problem auf: Vor 1000 Jahren gab es noch keine Thermometer, um die Temperatur zu messen. Und da man heute nicht die Temperatur von damals messen kann, muss eine Möglichkeit her, diese indirekt zu bestimmen. In näherer Vergangenheit können hierzu die Jahresringe von Bäumen betrachtet werden. Je dicker die Ringe, desto wärmer das Jahr, indem sie entstanden sind. In fernerer Vergangenheit (vor 1000 oder 10000 Jahren) kann man jedoch nicht mehr auf diese Messmethode zugreifen und ist auf technisch ausgefeiltere Messungen angewiesen. So kann man durch Messung des Verhältnisses von bestimmten Sauerstoffisotopen, die man aus Bohrungen im polaren Eis erhält, Rückschlüsse zur Temperatur von vor Jahrtausenden ziehen. Das Manko bei solchen indirekten Messungen im allgemeinen ist eine gewisse Ungenauigkeit, die aufgrund begrenzter Messmöglichkeiten und der soweit zurückliegenden Zeit entsteht.

Sind nun alle Daten und Fakten gesammelt und ausgewertet, kann man ermitteln, wie sich der untersuchte Sachverhalt in der Zukunft entwickelt. Nun trägt, vor allem im Bereich Klima, ein neuer Faktor zu Veränderungen bei, der Faktor Mensch. Will man also ermitteln, wie sich ein Sachverhalt in der Zukunft verhält, muss man auch in Betracht ziehen, wie der Mensch seine Umwelt in Zukunft verändern wird. Hierzu wurden verschiedene Szenarien aufgestellt, welche den Einfluss des Menschen auf die Umwelt, ob in positiver oder negativer Weise, darstellen.

Welche Klimaszenarien bestehen und wovon gehen sie aus?

Zuerst stellte man sich die Frage, ob die Globalisierung weiter fortschreitet (Szenario 1) oder ob

sich die Staaten in Zukunft wieder individueller und autarker verhalten, ob eine Regionalisierung eintritt (Szenario 2). Dies ist relevant, da eine Regionalisierung bedeutet, dass Staaten sich selbstständig versorgen. Das führt zu einer Vermehrung von Kraftwerken und anderen Energieversorgern, da man unabhängig von den Rohstoffen und Energievorräten anderer Staaten sein will. Das wiederum bedeutet gleichzeitig eine größere Verschmutzung der Umwelt durch vermehrte Nutzung von z.B. Kohle- oder Ölkraftwerken, da überschüssige Energie nicht mehr an andere Staaten verkauft wird, da, wie besagt, jeder nur auf seine eigene Versorgung bedacht ist.

Ausgehend von diesen beiden Möglichkeiten der Wirtschaftsentwicklung wurde die Frage gestellt, ob die globalisierte oder regionalisierte Welt eher wirtschafts- (A) oder umweltorientiert (B) agieren wird. Die globalisierte, ökologisch orientierte Welt (B1) wäre für unseren Planeten der beste Weg in die Zukunft. Realistisch gesehen, unter Beobachtung der bisherigen Wirtschaftsentwicklung, ist es jedoch am Wahrscheinlichsten, dass die Weltwirtschaft in globalisierter ökonomischer Richtung voranschreiten wird (A1).

Ausgehend hiervon wurden abermals drei Erwägungen getroffen. Wird diese Welt voraussichtlich weiterhin mit fossilen Brennstoffen Energie gewinnen (A1F(ossil)), wird sie nachhaltig an der Entwicklung und Nutzung von erneuerbaren Energiequellen arbeiten (A1T(echnical)) oder tritt ein Mittelweg ein, der beide Extreme vereint (A1B(alanced)). Nach diesen Klimaszenarien werden verschiedene Stärken des Meeresspiegelanstiegs errechnet, ansteigen wird er in jedem Fall. Wie stark er dies tut, liegt jedoch an uns.

Am wahrscheinlichsten ist das Szenario A1B, weshalb wir uns im Rahmen unseres Projektes für dieses entschieden haben. Außerdem gibt es, aus benanntem Grund, für dieses Szenario die meisten Daten, was uns die detaillierteste Arbeit ermöglicht.

Ursachen für den Meeresspiegelanstieg

Die über fünfzigprozentige Ursache für den Meeresspiegelanstieg ist die globale Erwärmung. Wasser hat bei 4° Celsius seine geringste Dichte. Je kälter und je wärmer es von diesem Punkt aus wird, desto mehr dehnt es sich aus. Andere Stoffe verringern ihre Dichte je kälter sie werden. Diese Ungewöhnlichkeit wird die Anomalie des Wassers genannt. Eine Erwärmung der Erde bedeutet gleichzeitig eine Erwärmung des Wassers. So wird sich der Meeresspiegel global erhöhen. Generell je mehr, je näher man sich am Äquator befindet, da die Hitzeeinstrahlung der Sonne dort am höchsten ist und mit der globalen Erwärmung dort am stärksten kumuliert.

In der Nähe der Pole wird der Anstieg in verringertem Maße auftreten, da das Wasser dort weniger als 4° hat und die Anomalie des Wassers dem Anstieg entgegenwirkt.

Der andere Faktor für den Anstieg des Meeresspiegels ist das Abschmelzen der Eismassen des Festlandes, verursacht durch die globale Erwärmung. Die größten Eismassen befinden sich auf Grönland und dem Südpol. Der Nordpol trägt nicht zum Anstieg des Meeresspiegels bei, da sich sein Eis im Wasser befindet und seine Masse somit schon Wasser verdrängt.

Diese beiden Faktoren sorgen für den Anstieg des Meeresspiegels. Hinzu kommen Begebenheiten, die diese Faktoren beeinflussen. Bei der Schmelze von Eismassen entstehen Stellen, an denen sich das flüssig gewordene Wasser sammelt und verstärkt abfließt. Diese Schmelzwasserflüsse sorgen an den Stellen, wo sie fließen für vermehrtes Abschmelzen. Dieser Kaskadeneffekt führt zu einer unberechenbaren Verstärkung des Abschmelzens der Polkappen.

Ein noch anderer Fakt ist die Unterschiedlichkeit des Meeresspiegels. Die Hauptursache ist die, dass die Dichte der Erde nicht an allen Stellen gleich ist, sondern variiert und sich wandelt. Dort wo der Erdkern und die Erdkruste eine höhere Dichte haben, ist der Meeresspiegel aufgrund von Massenanziehungskräften größer, als an Stellen mit geringer Dichte. Da der Erdkern jedoch flüssig ist, findet eine ständige Neuverteilung der Erdmassen statt, welche den Meeresspiegel in nicht vorhersehbarer Weise beeinflusst.

Unter Berücksichtigung all dieser Tatsachen wurde für 2095 ein Meeresspiegelanstieg von 22-44 cm und ein jährlicher Anstieg von 4 mm prognostiziert.

Malediven

Die Malediven sind durch den sog. Maledivischen Rücken entstanden. Der Maledivische Rücken war eine Landmasse, die mit der Zeit untergegangen ist. Dort entstand mit der Zeit ein riesiges Korallenriff. Die Entstehung eines solchen Korallenriffs beansprucht ihre Zeit. Das älteste besteht seit 50 Millionen Jahren. Korallen wachsen meist nur bis 1,5m über den Meeresspiegel. Dies ist der Grund dafür, dass die Malediven nur wenige Meter über dem Meeresspiegel liegen. Während der Eiszeit sank der Meeresspiegel, mehr Landmassen wurde freigelegt. Vor ca. 15.000 Jahren wurden die Malediven dann von Tieren und Pflanzen besiedelt und so entstand das Bild der Malediven, wie wir es heute kennen.

Die Malediven liegen nur knapp über dem Meeresspiegel, aber ihre Form ist entscheidend, denn sie ist nicht wie eine normale Insel mit Hügelform zu vergleichen, sondern ähnelt eher einer dicken Pizza. Die Hauptinsel mit der Hauptstadt Malé ist mit einer hohen Dichte bebaut und besitzt dennoch einige freie Landflächen. Die starke Bebauung macht auch vor Küstennähe und den damit verbundenen Risiken nicht Halt. Das größte Risiko ist zum Beispiel eine schlagartige Überschwemmung durch hohe Meereswellen.

Die Malediven leben vom Tourismus. Dieser steuert mehr als 75% des Bruttoinlandsprodukts der Malediven bei. Doch trotz der Hauptausrichtung auf den Tourismus ist für ausreichende Infrastruktur und Schulbildung gesorgt. Hauptsächlich stammen die Touristen aus Asien und Europa.

Als wir uns über die derzeitige Situation der Malediven informierten, nahmen wir an, dass die Malediven schon bald im Meer versinken würden, aber tatsächlich stellte sich heraus, dass es auch Hypothesen dagegen gibt.

Zum einen wird in dem Buch „Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer“ (WBGU 2005) geschildert, dass es normalerweise üblich ist, dass der Meeresspiegel um die Malediven herum sinkt und nicht steigt. Dies hängt mit Landmassenverschiebung und anderen regionalen Faktoren zusammen. Gegentese hierzu ist die Vermutung, dass wenn der Meeresspiegel global steigt, sich dies auch um die Malediven herum fortsetzen würde, auch wenn er dort nicht so hoch wäre, wie an anderen Orten.

Zum anderen stießen wir auf die These, dass die Malediven auf einem Korallenriff aufwachsen und wenn der Meeresspiegel steigt verschiebt sich die Korallenbildung und die Inseln werden mit angehoben. Diese These lässt sich jedoch leicht widerlegen, da Korallen nur sehr langsam wachsen.

Langsamer als der Meeresspiegel. Die Inseln würden also zuerst überschwemmt werden (nicht alle und nicht komplett) und dann würden die Korallen in Hunderten von Jahren die Insel wieder auf ihren ursprünglichen Punkt anheben, sofern der Meeresspiegel nicht weiter steigt.

Am 3. Oktober 1972 eröffnet das erste Resort auf der Insel Kurumba (Nordmale-Atoll), nahe des Flughafens. Einige Monate später folgte mit Bandos das zweite Resort. Jedes Jahr kamen zwischen 4 bis 8 neue Resorts dazu. Und so gab es 1982 bereits 44 Resorts mit knapp 4000 Betten. Im Jahr 1998 buchten rund 395.000 Menschen Ihren Urlaub auf den Malediven. Und zur Jahrtausendwende hatte sich die Anzahl der Resorts auf 87 fast verdoppelt.

Aktuell gibt es fast 100 Resorts, weitere 35 Resorts sind in den nächsten Jahren in Planung. 2007 lag die Anzahl der registrierten Betten bei 18.864. Die Anzahl der Betten soll sich in den nächsten Jahren 2010 nochmals verdoppeln.

Kategorie	2002		2003		2004		2005		2006	
	Nr	Betten	Nr	Betten	Nr	Betten	Nr	Betten	Nr	Betten
Tourist Resort /Marinas	87	16.400	87	16.444	87	16.858	88	17.348	89	17.802
Hotels	8	670	8	670	8	636	8	636	9	713
Guest Houses	17	282	24	360	28	425	28	425	21	391
Vessels / Safariboote	96	1.475	113	1636	113	1.676	121	1.789	116	1599
Gesamt	208	18.827	232	19.110	236	19.595	245	20.198	235	20.505

Wenn der Meeresspiegel steigt, verschwinden einige der Atolle, die zu den Malediven gehören. Manche werden zwar nicht untergehen, werden aber dann ihrer schönen Strände beraubt. Das wird die lebenserhaltende Nutzung des Tourismus stoppen und die Insel in den Ruin treiben, wenn sie vorher nicht untergehen.

Das derzeitige Brutto-Inland-Produkt liegt bei 1,054 Mrd USD. Wie bereits erwähnt, wird, nach dem Szenario A1B, der Meeresspiegel um 22 cm bis maximal 44 cm bis 2095 ansteigen. Die Inseln liegen alle rund 2,4 m über dem Meeresspiegel und würden wegen ihrer flachen Hügelform ungefähr die Hälfte der Landmasse einbüßen müssen und deshalb gehen wir davon aus, dass das Brutto-Inland Produkt um 50% sinken würde, also auf 527 Mio USD.

Tuvalu

Dieser Inselstaat erschien uns als wichtig, denn ihm droht der Untergang, das heißt die Insel verschwindet vollkommen im Meer und wird nicht, wie andere Inseln oder Länder, nur einen geringen Teil Landmasse einbüßen.

Tuvalu ist der viertkleinste Staat der Welt und liegt im pazifischen Ozean nördlich von Neuseeland. Es beherbergt zur Zeit um die 12.000 Einwohner, welche auf engstem Raum (die Fläche der Insel beträgt rund 26 km²) zusammen leben. Durch die Form der Insel Tuvalu wird ihr Untergang noch begünstigt und sogar verstärkt, denn die Form der Insel ist sehr flach. Die größte Erhebung weist

eine Höhe von gerade einmal rund 4,5 m auf.



Abb. 2: Strand auf Funafut (Quelle: Wikimedia Commons)

Für Tuvalu wird der steigende Meeresspiegel immer gefährlicher. Immer mehr Lagunen und Strände werden vom Meer verschluckt. Ein weiterer Effekt, der die Landmasse von Tuvalu immer weiter verringert, sind einige Meeresströmungen, die den Meeresboden unter Tuvalu aushöhlen und im Inland als kleine Pfützen hervorkommen. Diese Pfützen verwandeln sich jedoch mehr und mehr in ganze Seen.

Durch den steigenden Meeresspiegel werden Fluten immer gefährlicher. Einige Bewohner mussten schon umziehen, weil sie ihr zu Hause an das Meer verloren. Seit der Flughafen öfter überschwemmt wird, wächst die Angst der Bewohner noch schneller, denn früher wurde der Flughafen nur im Januar und Februar selten einmal überschwemmt. Inzwischen gibt es solche Sturmfluten von September bis Mai.

Dadurch, dass viel Salzwasser übers Land gespült wird, bewirtschaften viele Bewohner ihre Gärten nicht mehr. Darunter leidet Tuvalu extrem, denn die Bewohner lebten bisher von der Landwirtschaft. Ohne die Fischerei hätten die Bewohner kaum noch Einnahmen.

Da die Zukunft der Insel in der Vergangenheit schon abzusehen war, verfolgte der Inselstaat schon früh eine Gegenmaßnahme: Auswanderung. Es war geplant, dass jedes Jahr rund 300 Einwohner der Insel nach Neuseeland und Australien auswandern sollten. Die Regierung versuchte ihre Maßnahme mit der Forderung nach klimabedingtem Asyl durchzusetzen. Die Regierung von Australien und die von Neuseeland hingegen lehnte diese Forderung jedoch ab und verwies auf die hohe Zahl an Migranten, die Australien und Neuseeland bereits jährlich aufnehmen.

Grand Anse Beach

Grenada ist in sechs Verwaltungsgebiete eingeteilt. Dies sind: Carriacou, Saint Andrew, Saint David, Saint George, Saint John, Saint Mark und Saint Patrick. Der Grand Anse Beach liegt im südwestlichen Bezirk Saint George. Grenada besitzt eine Fläche von 344 km². Der Grand Anse Beach ist der berühmteste Strand auf Grenada.

Obwohl wir uns bisher nur auf Inseln bezogen haben, wählten wir auch diesen Strand für unsere näheren Untersuchungen in Bezug auf die Bedrohung durch den Meeresspiegelanstieg aus. Nun erkläre ich kurz, warum wir zuletzt auch einen Strand und nicht noch eine Insel ausgewählt haben. Wir dachten uns, dass für viele auf Tourismus ausgelegte Inseln die malerischen Strände Haupteinnahmequellen sind und dass die Touristenanzahl sinken wird, wenn diese Strände vom Meer verschlungen würden. Beim Grand Anse Beach findet man viel Strand- und Wassersporttourismus.

Grenada als ganze Insel wird nicht in Gefahr gebracht, jedenfalls nicht durch den ansteigenden Meeresspiegel, da diese Insel an den meisten Stellen eine steile Küste hat und im Allgemeinen eine große Erhöhung über dem Meer ist. Jedoch wird der Strand mit Sicherheit in den nächsten 100 Jahren zu einem großen Teil unterhalb des Meeresspiegels liegen. Der Strand ist wegen seiner Form im Nachteil, denn der Strand ist zwar lang, aber auch sehr flach. Der Strand hat eine Länge von drei Kilometern. Jetzt kann man sich so ungefähr vorstellen, wie viel Verlust durch seinen Wegfall die Reiseunternehmen machen würden.

Maßnahmen gegen die Bedrohung des Meeresspiegelanstiegs

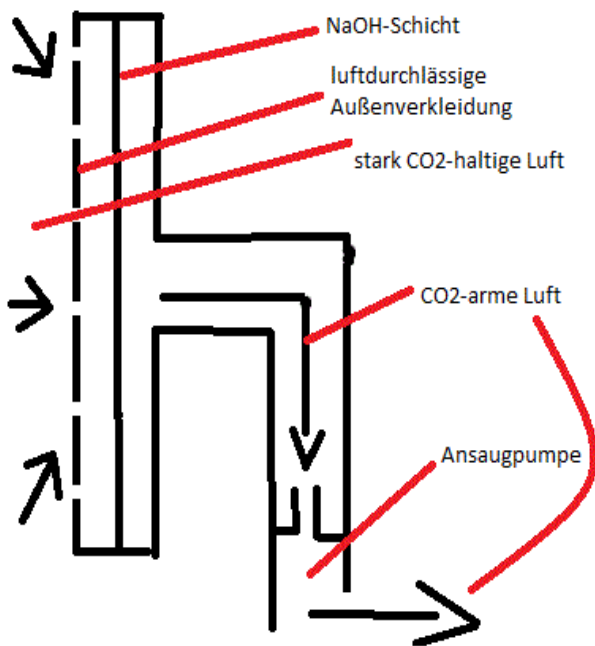
Bis hierhin sollte klar gemacht worden sein, was die Folgen des Klimawandels und des Anstiegs des Meeresspiegels im Speziellen für einige unglücklich gelegene Inselgebiete sind. Folgen, die nicht nur für besagte Inseln, sondern auch die Wirtschaft und die Welt als solche gravierend sind. Dieses Wissen ist wichtig, denn mit ihm kann man im Idealfall verhindern, dass eintritt, was man befürchtet. In diesem Kapitel wollen wir uns den Gegenmaßnahmen widmen, die man gegen den Klimawandel aufbringen kann. Einige dieser Maßnahmen sind schwer umzusetzen oder können gefährliche Nebenwirkungen auf die Umwelt ausüben.

Im Folgenden werden acht mögliche Maßnahmen beschrieben, Konflikte, die sie hervorrufen und Lösungen, die sie bieten.

Künstliche Bäume:

Eine mögliche, wenn auch teure Teillösung für das Klimaproblem ist das Filtern von Kohlenstoffdioxid durch sogenannte künstliche Bäume. Tatsächlich haben diese nicht viel mit echten Bäumen zu tun, außer, dass sie eine ähnlich große Fläche benötigen um Kohlenstoffdioxid zu filtern. Das Prinzip basiert auf anorganischer Chemie und ist somit relativ einfach, in der Praxis jedoch nicht so leicht umzusetzen:

Die Luft wird von einer Pumpe im Inneren des künstlichen Baumes angesaugt. Sie dringt durch eine Außenverkleidung ins Innere des „Baumes“. Hier befindet sich eine mit Natronlauge bedeckte Schicht. Die Lauge reagiert mit dem CO₂ zu Natriumhydrogencarbonat(NaHCO₃). Dieses kann dann gespeichert werden und später durch die Zufuhr von Wärme in Soda, Wasser und CO₂ getrennt werden, was eine Wiederverwendung ermöglicht.



[Abb. 3]

Ein solcher künstlicher Baum könnte so an einem Tag zehn Tonnen Kohlenstoffdioxid binden. Zum Vergleich, der durchschnittliche echte Baum schafft am Tag gerade einmal 60-100g.

Die Anschaffung eines solchen Baumes kostet 20.000 Dollar. Jedoch würden die Betriebskosten pro Tonne absorbierten Kohlenstoffdioxids 100 Dollar kosten. Pro Jahr wären dies also 365.000 Dollar, umgerechnet 295.210 Euro bei 3650 Tonnen ausgewaschenem CO₂. Deutschland hatte 2007 eine CO₂-Emission von 956.000.000 Tonnen. Im Vergleich zu 1990 (seit dem Verabschieden des Kyoto-Protokolls) hat es eine Verringerung der Emission von 21% geschafft. Um diesen Erfolg zu wiederholen, könnte man unter Nichtbetrachtung aller anderen Möglichkeiten 55.003 künstliche Bäume errichten. Dies hätte Baukosten von 889.717.000 € und jährliche Betriebskosten von 16.237.300.000 € (unter aktuellem Dollar/Euro-Wechselkurs). In Anbetracht der Rettungspakete für die Banken von 400.000.000.000 € erscheint das geradezu erschwinglich. Jedoch wird es von den meisten Regierungen als „zu teuer“ betrachtet. Einsatzbereit wäre diese Technik innerhalb von Jahrzehnten.

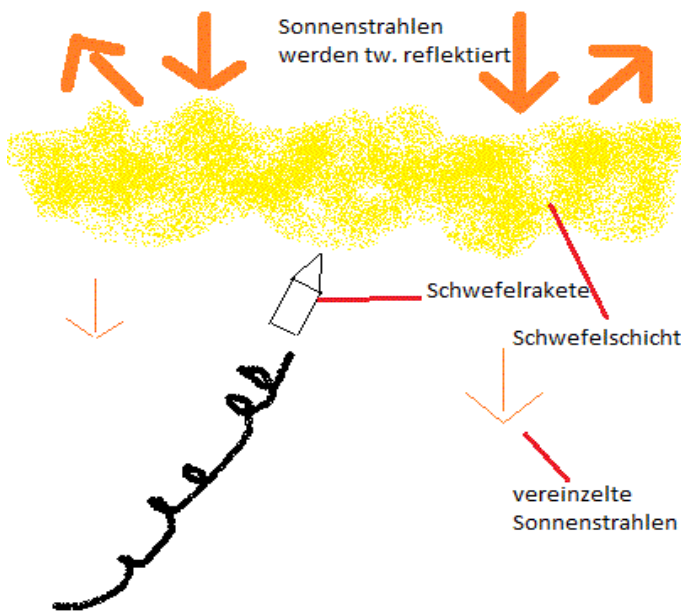
Mitgrund hierfür ist auch das Problem der Lagerung: Jetzt hat man all das CO₂ gespeichert. Da drängt sich einem die Frage auf: Wohin damit? Nur weil das CO₂ aus der Atmosphäre ist, ist es noch nicht auf magische Weise verschwunden. Es müssten riesige Tanks zur Endlagerung des CO₂ geschaffen werden. Die nötigen Geldmittel und der benötigte Platz dafür sind jedoch schlichtweg nicht vorhanden. Ein anderer Vorschlag war, das CO₂ unter die weiten Eisfelder Russlands zu pumpen. Jedoch könnte dies unberechenbare Effekte auf die Umwelt haben, vor allem auf Zeit.

Klar ist, dass diese Lösung eine globale ist. Jeder Staat, der maßgeblich für den Ausstoß von CO₂ verantwortlich ist, muss diesen Weg der Lösung, wenn er denn beschritten würde, gehen. Wenn nur vereinzelte Staaten sich bemühen, das schöne Antlitz dieser Welt zu bewahren, sind ihre Bemühungen zwecklos. Dies ist jedoch auch eine Lösung, die alle Staaten gehen können. Selbst, wenn nur in geringem Maße, könnten doch Tuvalu, die Malediven oder Grenada ein paar dieser Bäume aufstellen. Auch wenn es im Gesamtbild der CO₂-Emission keinen großen Wert hat, so wäre doch die Symbolik eines solchen Aktes nicht zu unterschätzen. Privatfirmen könnten diese Bäume vor ihren Bürokomplexen errichten. Damit würde man dem Staat nicht nur einen Teil der Last von den Schultern nehmen, sondern auch ein Zeichen setzen oder gar Werbung machen.

Es ist wohl ersichtlich, dass dies keine einfache Lösung ist, jedoch auf jeden Fall eine, über die sich das Nachdenken lohnt.

Schwefelraketen:

Diese zweifelhafte, wenn auch verhältnismäßig günstige Idee, besteht darin, mit Schwefel geladene Raketen in die höheren Luftschichten zu schießen, um diesen dann in der oberen Atmosphäre zu verteilen. Dies würde dazu führen, dass Sonnenstrahlen teilweise abgelenkt werden. Somit würde weniger Sonnenlicht zur Erde gelangen und die Erde sich dadurch weniger aufheizen bzw. sogar abkühlen. Im Grunde genommen könnte dann soviel CO₂ in die Luft gepustet werden, bis wir daran ersticken.



[Abb. 4]

So zumindest die Theorie. In der Praxis jedoch könnte dies fatale Folgen auf die Umwelt haben. Der Schwefel würde einen Teil des durchgelassenen Lichtes so brechen, dass es näher ins gelbe Spektrum rückt. Das würde erst einmal nur bedeuten, dass der Himmel einen Gelbstich bekommt. Wie stark dieser wäre, hinge von der Dosierung ab und ist unmöglich vorherzusagen. Abgesehen von der Verletzung optischer Ideale des Himmels, könnte das ungeahnte Folgen für das Wachstum von Pflanzen und den Orientierungssinn von Tieren haben. Es könnte passieren, dass innerhalb weniger Jahre oder Jahrzehnte ein Großteil der Flora und Fauna abstirbt. Der Planet wäre damit dem Untergang geweiht. Es müssten Langzeitstudien über die Verträglichkeit eines solchen Lichtes auf Pflanze, Mensch und Tier angestellt werden. Doch selbst wenn diese gut ausfallen, könnten andere Probleme auftreten. Was wäre zum Beispiel wenn der Schwefel plötzlich auf die Erde zurückfällt, wie Ozon an einigen heißen Sommertagen.

Durch die Veränderung des Himmels könnte auch eine Reflexion auf den Ozean oder vor allem landnahe Gebiete (Strände) erfolgen. Wenn der Strand Tuvalu jetzt plötzlich nicht mehr türkis, sondern durch die Mischung mit gelb einen Grünstich bekäme, wäre dies für mehrere Generationen abschreckend und vermutlich der Untergang des Tourismus auf Tuvalu. In 200 Jahren wäre ein grüner Strand als Schönheitsideal vielleicht normal, aber bis dahin...

Schwefel trägt die Gefahrenstoffkennzeichnung „reizend“ und ist demnach nicht gesund. Bei Langzeit-Aussetzung dieses Stoffes können nicht vorhersehbare Konsequenzen für den

menschlichen Organismus auftreten.

Auch, wenn diese Härtefälle nicht eintreten, können einige Arten der Tier- und Pflanzenwelt durch diese Maßnahme bedroht werden. Man kann unmöglich jede Pflanzen- und Tierart unter realistischen Bedingungen auf die Belastung des Schwefels oder des veränderten Lichtes testen. Dazu würde man eine ganze „Test-Erde“ benötigen. Durch das Aussterben einer Rasse könnte sich eine Lücke im Ökosystem des Planeten auftun, die man nicht so schnell füllen kann oder die die Attraktivität eines Gebietes nachteilig beeinflusst. Wenn die Palmen oder Korallen der Malediven ausgestorben wären, wer würde sie dann noch besuchen wollen?

Zu guter Letzt ist die Dosierung des Schwefels problematisch. Wenn man zu wenig hochschießt, ist der Effekt zu gering. Würde man dies in kleinen Schritten nachbessern, wären die Kosten insgesamt unerschwinglich. Ist die Dosierung jedoch zu hoch, kann die Abkühlung der Erde drastische Ausmaße erreichen, da dieses Verfahren nicht ohne weiteres rückgängig zu machen ist. Hinzu kommt die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Schwefel nicht überall gleich verteilt und der Nutzen des Verfahrens als Ganzes gegen Null gehen oder sogar nur neue Probleme aufwerfen könnte.

Soviel zu den Nachteilen, widmen wir uns nun den Vorteilen dieses Verfahrens. Es ist billig, wie oben schon angeschnitten, jedoch nur unter der Bedingung guter Dosierung bei möglichst wenigen Raketen, die für den Abschuss benötigt werden. Jetzt stellt sich die Frage: Wie kann das billig sein? Eine Rakete kostet doch eine Menge Geld! (Genau Preise nicht ermittelbar, variieren zu stark.)

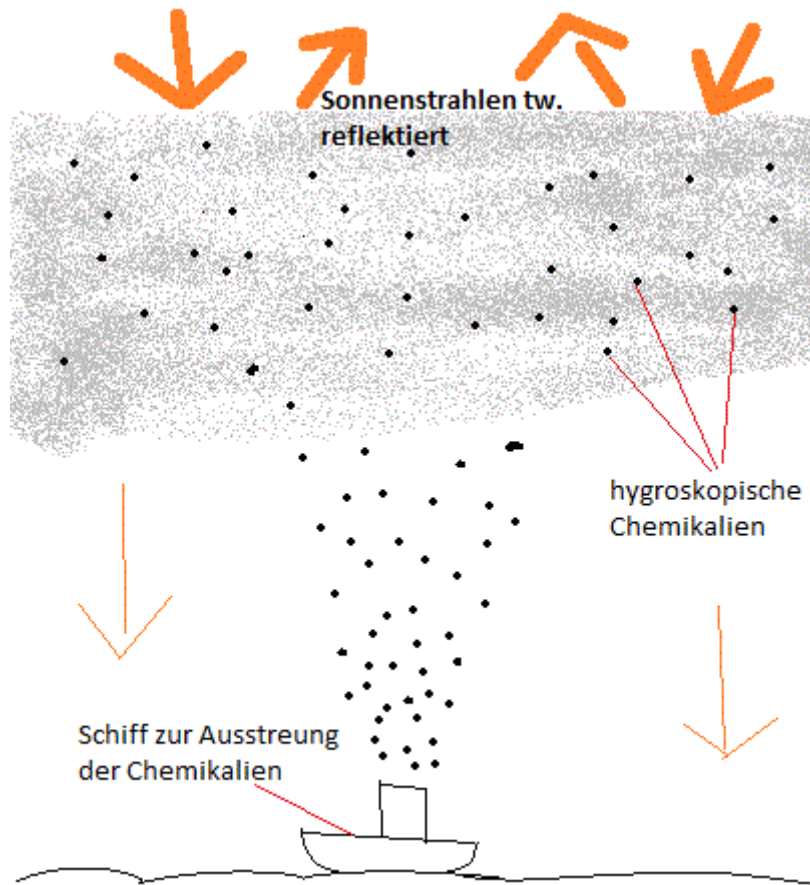
Erstens wären nicht viele davon nötig, da der Schwefel in konzentrierter Form nach oben geschickt werden könnte und sich dort mehr oder weniger gleichmäßig verteilt. Zweitens gibt es keine Betriebskosten, im Gegensatz zu den künstlichen Bäumen. Man müsste vielleicht im Abstand von Jahrzehnten eine erneuerte Ladung Schwefel in die Luft jagen.

Das Lösen des Klimaproblems durch dieses Verfahren ist noch unausgereift. Es müssen Forschungen und Studien angestellt werden. All dies kann die Nutzung dieser Methode um Jahrzehnte verzögern, so weit, dass es schon zu spät sein könnte. Unter Nichtbeachtung dieses Faktums wären die Schwefelraketen jedoch in wenigen Jahren einsatzbereit und könnten in die Atmosphäre geschossen werden. Ein solches Handeln wäre grob fahrlässig.

Dies ist eine Lösung, die nicht von den Leidenden des Meeresspiegelanstiegs selbst ergriffen werden könnte, da ihnen zumeist das technische Know-How und die Mittel fehlen. Außerdem wären Inseln aufgrund ihrer empfindlichen Ökosysteme stärker von eventuellen Nachteilen dieses Verfahrens betroffen, als die robustere Vegetation des Festlandes.

Wolken säen:

Diese, scheinbar milde Möglichkeit des Kampfes gegen den Klimawandel beruht darauf, dass man, wie gesagt Wolken aussät (wie Saatgut auf einem Feld nur in der Luft). Im Prinzip werden hygroskopische (Wasser anziehende) Chemikalien durch Flugzeuge oder Schiffe in die Luft entlassen. Diese bewirken eine verstärkte Wolkenbildung, da sie das gesamte gasförmige Wasser der Umgebung zusammenführen. Diese Wolken würden dann das Licht der Sonne teilweise reflektieren und somit die Aufheizung der Erde verringern, eine Alternative zu den Schwefelraketen.



[Abb. 5]

Einige der Chemikalien, die für das Säen von Wolken verwendet werden, sind in geringem Maße giftig, so z.B. Silberiodid. Dies wäre zwar nur zu einem niedrigen Teil in der Atmosphäre, jedoch sind Langzeitschäden bei erhöhten Konzentrationen bei Säugetieren nachgewiesen worden. Wie sich der Organismus bei Aussetzung einer geringen Dosis Silberiodids verhält ist noch nicht vollständig erforscht. Außerdem können durch das künstliche Vermehren von Wolken unvorhersehbare Wettereffekte auftreten, wie z.B. die Verstärkung von Stürmen.

Hinzu kommt, dass dieser Lösungsansatz sehr teuer ist, da die Chemikalie, die zum Wolken säen benutzt wird, nicht wieder zurückgewonnen werden kann und die Transporter der Chemikalie so ständig neuen Nachschub benötigen. Die Kosten hierfür sind schwer einschätzbar, jedoch auf jeden Fall immens, man bedenke die Produktionskosten der Chemikalien und die Kosten der Transportmittel zum Verteilen, egal ob Flugzeug oder Schiff. Das Wolken säen kann nach besserer Forschung eine teure, aber dafür verhältnismäßig umweltschonende und reversible Lösung des Klimaproblems darstellen.

Biokohle:

Biokohle wird aus abgestorbenen Pflanzen hergestellt. Diese werden gepresst und unter Luftabschluss sehr stark erhitzt. Dieser Vorgang nennt sich Pyrolyse. Es gibt nun einmal die Möglichkeit, Biokohle als Energieträger anstatt von Steinkohle zu verwenden, jedoch ist der Bedarf an Kohle allgemein zu hoch, als dass er von Biokohle ausschließlich gedeckt werden könnte.

Ein anderer Ansatz ist das Ansäen von Pflanzen, die in möglichst kurzer Zeit möglichst viel Kohlenstoffdioxid binden können. Diese würden dann zu Biokohle verarbeitet und platzsparend endgelagert werden können. So könnte man CO₂ aus der Luft herausfiltern.

Nachteil ist, dass das Pyrolyse-Verfahren einen hohen Energieaufwand benötigt. Der Platz, der

benötigt würde, um besagte „CO₂-Filter-Plantagen“ effektiv zu nutzen, wäre enorm. Die Nutzung dieser Möglichkeit wäre technisch einfach, aber teuer. Die künstlichen Bäume würden CO₂ weitaus effektiver filtern. Vorteil ist die einfache Möglichkeit der Lagerung. In Anbetracht der Makel dieser Methode ist es sinnvoll, sie als Entlastung für die fossile Kohle zu verwenden, in dem man vorhandenen Pflanzenabfall zu Biokohle verarbeitet.

Meeresdüngung, reflektierende Pflanzen, Weltraumspiegel und Deiche:

Gegenmaßnahmen für die Zukunft der Inseln gibt es viele, aber das heißt nicht, dass diese auch alle gut und umsetzbar sind.

Zum Beispiel gibt es die Idee mit den Weltraumspiegeln. Wir versuchen dies so gut wie möglich zu erläutern. Die Idee basiert auf der Methode der Abschirmung durch Spiegel. Eine Maßnahme gegen den Klimawandel, die mit Hilfe von 16 Billionen ferngesteuerten Spiegelscheiben, welche dann im Weltall die herannahenden Sonnenstrahlen zum größten Teil zurück reflektieren sollen. So kann man die Sonneneinstrahlung regulieren und die momentane Verstärkung des Treibhauseffekts stoppen. Der Schweif aus abgerundeten Spiegelscheiben soll eine Länge von 100.000 km besitzen. Die Breite einer ferngesteuerten Spiegelscheibe wurde auf voraussichtlich 50 cm festgelegt.

Die Probleme dabei sind aber nicht von der Hand zu weisen. Zum einen die Kosten, welche so enorm sind, dass das Projekt nur gelingen könnte, wenn alle Länder sich daran beteiligen würden. Dann ist der Zeitraum, wann die Spiegel in Betrieb genommen werden können, auch sehr wichtig und im Moment sieht es so aus, als ob die Spiegel erst innerhalb von Jahrhunderten einsatzbereit sein werden. Als ob das noch nicht reichen würde, könnten auch noch ungewisse Wettereffekte auftreten. Wenn man die Sache nun auch noch abseits vom ökologischen Gesichtspunkt betrachtet, dann kommt das Problem der Verwaltung auf und dadurch könnte ein Machtkampf entstehen, denn man könnte mit der Kontrolle über die Weltraumspiegel Länder erpressen im Sinne von „Geld gegen Sonne“.

Der Name dieser Maßnahme klingt zwar etwas absurd, aber Meeresdüngung ist auch eine Option. Mit 25 Millionen Dollar soll Eisensulfat, genug, um dies auf 10.000 Quadratkilometern Meer zu verteilen, gekauft werden. Damit soll das Wachstum von Plankton und Algen angeregt werden, damit diese dann das CO₂ binden und umwandeln. Diese Methode soll innerhalb von Jahrzehnten einsatzbereit sein. Ein Nachteil ist, dass eine zu hohe Dosierung des Eisensulfats unbekannte Folgen für das Ökosystem haben könnte.

Momentan wird auch an reflektierenden Pflanzen geforscht. Der Name verrät schon, dass diese Methode sich auf die Reflexionsfähigkeit gegenüber Sonnenlicht von einigen Pflanzen bezieht. Diese sollen dann gepflanzt werden und würden Sonnenlicht reflektieren. Dadurch würde sich die Erde weniger aufheizen. Die Forschungen sind noch im Gange, aber die Methode ist eine der preiswertesten. Diese Gegenmaßnahme ist innerhalb von Jahrzehnten umsetzbar. Die einzigen Nachteile sind, dass man riesige Landflächen dafür benötigt.

Eine weitere und nicht ganz so abwegige Idee sind Deiche. Deiche sollen aufgeschüttet werden und/oder neue geschaffen werden um dem Meeresspiegelanstieg entgegen zu wirken. Man müsste aber dann sehr viele Deiche bauen um die Länder vor dem Meeresspiegelanstieg zu schützen, deshalb ist die Errichtung von Deichen nicht so billig, wie man auf Anhieb vermuten könnte. Die genauen Kosten hängen aber von der Länge und Breite ab. Aber im Gegensatz zu den meisten anderen Gegenmaßnahmen wären die Deiche innerhalb von Jahren durchzusetzen. Jedoch gibt es

auch durch Deiche Nachteile, wie zum Beispiel die Zerstörung der Landbeschaffenheit, was für den Tourismus dramatische Folgen haben kann, denn viele Inseln sind auf ihre malerischen Strände angewiesen, um Touristen anzulocken. Wie würde es denn aussehen, wenn in der Reisebeschreibung statt eines schönen Strandes nur ein großer Deich abgebildet ist, dann kann ich auch in den Niederlanden meinen Urlaub verbringen. Die Deiche könnten auch ungeahnte Auswirkungen auf das Ökosystem zur Folge haben.

Zusammenfassung:

Wenn man sich die anderen Gegenmaßnahmen ansieht, dann fällt einem schnell auf, dass die Weltraumspiegel zu teuer, die Meeresdüngung zu kostspielig, die reflektierenden Pflanzen zu platzaufwändig und die Deiche zu tourismushämmend sind. Die künstlichen Bäume stellen eine echte, wenn auch skurile Möglichkeit dar, den Klimawandel einzudämmen, sofern die Kosten ein wenig gesenkt werden könnten. Die Schwefelraketen und das Wolkensäen sind sehr zweifelhaft und müssen weiter erforscht werden. Das Sinnvollste wäre ein Lösungspaket, bestehend aus einer ausgewogenen Mischung all dieser Maßnahmen nach Effektivität und Preis. Das Nutzen von Biokohle, statt fossiler Kohle, das Säen von Wolken, das Errichten künstlicher Bäume. Zusammen könnten diese Lösungen den Klimawandel enorm beeinflussen. Die Inseln bräuchten auf jeden Fall Hilfe von mächtigeren und reicheren Ländern, um zu überleben. Das ist klar und auch nur recht, da es ja nicht die Inseln sind, die hauptverantwortlich für den Klimawandel sind, sondern China, die USA, Russland und die EU. Hier fängt die Diskussion in der Politik an, ob man die Inseln unterstützt. Wenn man dann über dieses Thema nachdenkt, kommt schnell der Gedanke auf, dass es irgendwann dazu kommt, dass Staaten über den wortwörtlichen Untergang von anderen Staaten bestimmen.

Fazit

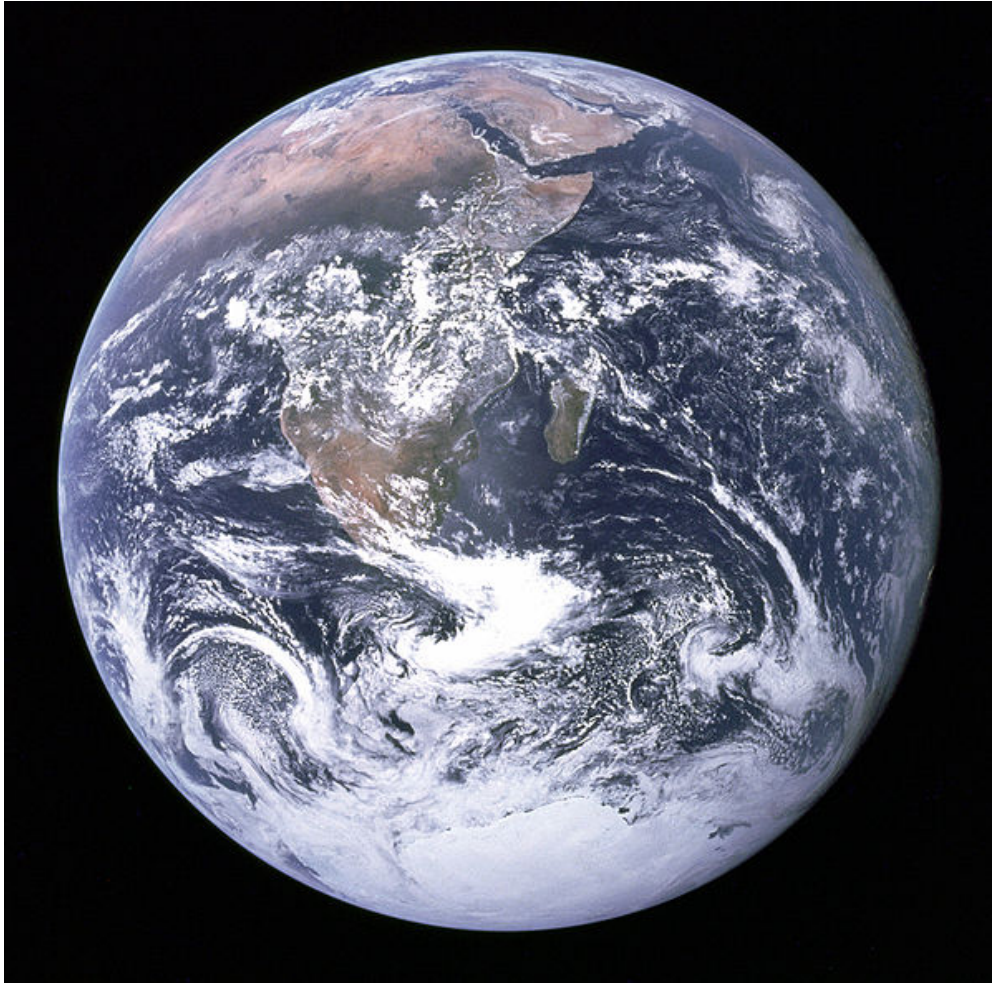
Anfangs sprachen wir davon eine optimistische Sicht auf die Zukunft zu ermöglichen, aufzuzeigen, was unserer Erde fehlt. Denn dieses Wissen ist wichtig für die Erhaltung und Wiederherstellung (schließlich steigt der Meeresspiegel schon jetzt um 3,6 mm pro Jahr) der Schönheit des Planeten. Tourismus lebt von Schönheit, hässliche Plätze würde niemand besuchen wollen.

Die Gründe für den Meeresspiegelanstieg wurden genannt. Die Hauptursachen sind die globale Erwärmung, verursacht durch den Treibhauseffekt und das Abschmelzen des Festlandeises aus demselben Grund.

Die konkreten Folgen für den Grand Anse Beach von Grenada, die Staaten Tuvalu und die Malediven wurden beschrieben. Keiner würde einen Strand besuchen, der aufgrund des Meeresspiegelanstiegs nur noch wenige Meter breit ist. Eine Insel, auf der man, vom Wetter abhängig, knöcheltief im Wasser steht, ist nicht gerade, was man unter einem idealen Urlaubsziel versteht.

Um das Schicksal der vielen Menschen, die auf besagten Inseln leben und mit deren Schönheit ihr Geld verdienen, zu verhindern, haben wir acht der populärsten und umstrittensten Wege beschrieben, die eine Lösung für das Problem zu bieten versprechen. Einige davon sind teuer und effizient, andere billig und effizient. Einige können fatale Folgen für Flora und Fauna mit sich bringen, andere sind unausgereift und benötigen weiterer Arbeit.

Wir haben klar gemacht, dass es möglich IST, den Anstieg des Meeresspiegels zu bekämpfen, seine Ursachen zu bekämpfen. Wie so oft, ist dies einfach eine Frage des Geldes. Würde man jetzt beherzt handeln und die Mittel aufwenden, die nötig sind, wäre das Eindämmen des Klimawandels eine Sache von Jahrzehnten. Doch so lang in der Politik gezauert wird, kann eine Idee noch so gut durchdacht und umsetzbar sein, sie wird auf taube Ohren stoßen. Der gescheiterte Versuch einer Erneuerung des Kyoto-Protokolls in Kopenhagen letztes Jahr bestätigt nur die Unentschlossenheit der Politik. Die Politik kann den Klimawandel zu jeder Zeit eindämmen, die Möglichkeiten sind gegeben, allerdings wird eine Vielzahl von Chancen schlichtweg nicht ergriffen. Ob die Politiker die gegebenen Chancen ergreifen, ist eine Frage, deren Antwort wohl erst die Zukunft zeigen kann.



[Abb. 6]

Quellen

<http://www.ipcc.ch/>

<http://www.klimawiki.org/>

<http://www.muz-online.de/america/grenada.html>

<http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimafolgen/meeresspiegel/prognosen.html>

Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer“ (WBGU 2005)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Tuvalu>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Grenada>

http://www.malediven-reiseinfo.de/Was_sind_Atolle_/was_sind_atolle_.html

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/0,1518,645968,00.html>

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,446795,00.html>

<http://www.oekosystem-erde.de/html/klimalosung.html>

<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Klimaszenarien>

<http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Laenderinformationen/Malediven/Wirtschaftsdatenblatt.html>

Bilderquellen

Abb. 1: Strand auf Fihalhohi

Autor: KingKurt22(Künstlernamen), Datum: 2008, Lizenz: GNU-Lizenz für freie Dokumentation:

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:DSC_13190001-1-.JPG&filetimestamp=20081216171424

Abb. 2: Wikimedia Commons

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tuvалу_Funafuti_atoll_beach.jpg?uselang=de

Abb. 3: Schaubild der Funktionsweise eines künstlichen Baumes, Autor: Phillip Haarhaus, Datum: 16.5.2010, eigene Arbeit

Abb. 4: Schaubild der Funktionsweise der Schwefelraketen, Autor: Phillip Haarhaus, Datum: 16.5.2010, eigene Arbeit

Abb. 5: Schaubild der Funktionsweise des Wolkensäens, Autor: Phillip Haarhaus, Datum: 16.5.2010, eigene Arbeit

Abb. 6: Blue Marble(The Earth seen from Apollo 17), Urheber: NASA, Foto wurde entweder von Harrison Schmitt oder Ron Evans aufgenommen (Angehörige der Apollo 17 Crew), Datum: 7. Dezember 1972, Lizenz: unlizenziert, gemeinfrei, „nicht durch Urheberrecht geschützt“

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg&filetimestamp=2005

0731022556