

„Anthropogener“ Meeresspiegelanstieg – Vom Konstrukt zur Panik?

In den Medien vergeht kaum eine Woche, in der nicht die Gefahr eines Meeresspiegelanstiegs beschworen wird, der sich infolge des anthropogenen Treibhauseffekts einstellen soll. Wie sind solche Meldungen einzuordnen? Besteht wirklich eine aktuelle Gefahr an unseren Küsten? Der Beitrag gibt einen Überblick über die geophysikalischen und die meteorologischen Faktoren, die zum Meeresspiegelstand und seinen Änderungen beitragen. Ferner wird diskutiert, inwieweit durch Veränderungen der polaren Eismassen der Meeresspiegel steigen kann – in naher und in fernerer Zukunft. Dazu werden auch die Prozesse von Eis und Meer seit der letzten Eiszeit betrachtet. Die in der aktuellen Literatur besprochenen Pegelmessungen werden in ihren Trends dargestellt und erörtert. Ein besonderes Augenmerk gilt den seit 30 Jahren veröffentlichten Prognosen der Meeresspiegel-Entwicklung für die nächsten 100 Jahre, die im Hinblick auf die künftige Eintrittswahrscheinlichkeit von katastrophalen Überflutungen von Küsten und Inseln diskutiert werden.

Betrachtet man die aktuellen Berichte, so muss man den Eindruck gewinnen, dass bis zum Ende dieses Jahrhunderts mit einem Meeresspiegelanstieg zu rechnen ist, der Inseln versinken lässt und weite Küstenbereiche überfluten wird. Die dramatischen Folgen, die solche Ereignisse für die betroffenen Menschen hätten, stehen außer Zweifel und dürfen keineswegs kleingeredet werden. Dennoch ist nach Sichtung der Faktenlage nüchtern festzustellen, dass die eigentlichen Überflutungs-Extreme hinter uns liegen, nämlich in den vergangenen Jahrtausenden seit der letzten Eiszeit, die vor rund 10 000 Jahren endete. Selbst in den jüngeren Jahrhunderten gab es Phasen (Transgressionen), in denen der Meeresspiegel deutlich schneller und höher angestiegen ist als im 20. Jahrhundert. Was vor uns liegt, ist zwar ungewiss, aber die Katastrophen-Prognosen hinsichtlich dramatischer Küsten-Überflutungen haben keine naturwissenschaftliche Absicherung. Diese vorweg gegebene Einschätzung soll in diesem Artikel näher begründet werden.

Das falsche Bild von dem Meeres-„Spiegel“

Eine ebene Fläche kann die Meeresoberfläche nicht sein, denn die Erde ist (in erster Näherung) eine Kugel. Aber auch die gekrümmte Wasserfläche, die immerhin 71% der Erdoberfläche ausmacht, ist keineswegs spiegelglatt und in irgendeiner Weise gleichmäßig. Diese Erkenntnis wird zwar seit wenigstens 100 Jahren in der Schule vermittelt (Stichwort: Vom Rotations-Ellipsoid zum Geoid), aber eine

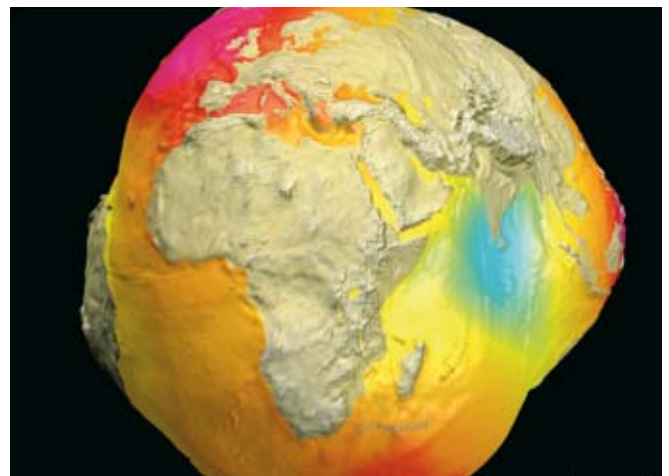


Abb. 1. Stark überhöhtes Schwerefeldmodell der Erde vom GeoForschungsZentrum Potsdam. [Achim Helm, GFZ]

detaillierte Vorstellung der realen Form unserer Erdoberfläche hat man erst erhalten, als man die Erde mit den neueren Generationen der Satelliten-Radar-Instrumente (Mikrowellen-Bereich) vermessen konnte. Sehr überzeugend und international anerkannt ist daraus ein Erdmodell konstruiert worden, das die Wissenschaftler des GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) eine „Kartoffel“ nennen [1].

Die Darstellung in Abbildung 1 ist um der Anschaulichkeit willen stark überhöht, also nicht maßstabsgerecht. Die Kontinente ragen heraus, in Form und Höhe durch ihre Entstehungsgeschichte gekennzeichnet.

Auch der Meeresspiegel hat überall eine unterschiedliche „Höhe“, ob man ihn nun auf den Erdmittelpunkt, auf eine mathematische Kugeloberfläche oder irgendeinen fiktiven mittleren Oberflächen-Pegel bezieht. Dazu schreibt das GFZ [1]: *„Der Meeresspiegel liegt bis zu 110 Meter unter und bis zu 85 Meter über den errechneten Werten. Ursache ist die ungleichmäßige Verteilung dichter Gesteine im Erdinnern und die dadurch bewirkte unterschiedliche Anziehung des Wassers.“*

So beträgt die Höhendifferenz selbst zwischen zwei nahezu benachbarten Meeren wie dem Südatlantik und dem Indischen Ozean rund 200m. Das regionale Schwerefeld ist also verantwortlich für den „örtlichen Meeresspiegel“. Da sich das Schwerefeld der Erde ständig verändert (z. B. durch Magmaströme), verändert sich auch die Meeresoberfläche ständig. Wir müssen also damit rechnen, dass es auch ohne klimatische Einflüsse allein schon infolge von Vorgängen im Erdinneren innerhalb von Jahrzehnten/Jahrhunderten zu erheblichen Meeresspiegel-Schwankungen kommt.

Das Meer als Badewanne

Meere und Seen ruhen nicht „in sich“, sondern sind außer dem variablen Schwerefeld noch etlichen anderen Kräften ausgesetzt, zum Beispiel den Gezeiten sowie Änderungen von Luftdruck, Wind, Stürmen, globalen Windsystemen, Meeresströmen und vielem anderen mehr. Dass Sturmtiefs den Meeresspiegel kurzfristig verändern können, wird bei mancher Schiffsreise und bei jeder Sturmflut anschaulich. Aber auch stetige Windsysteme wie die Passate oder die Westwindgürtel der gemäßigten Breiten bewegen Wassermassen. Sie verursachen und treiben ihrerseits die großen Meeresströme auf den Ozeanen. Da alle genannten Kräfte nicht konstant oder gleichmäßig sind, kommt es auf den Meeresoberflächen unserer Erde zu Schwingungen in vielen zeitlichen und räumlichen Größenordnungen. Wassermassen schwappen hin und her wie in einer riesigen Badewanne. In Deutschland sind derartige, weit in die Meerestiefe reichende Schwingungen vor allem aus der Ostsee bekannt, die als „Binnenmeer“ besonders günstige Bedingungen für die Beobachtung solcher Effekte bietet. Solche als Seiches bezeichneten Wellen können im Zusammenwirken mit umspringendem Wind zu extremen Überflutungen der Küsten führen. Ein Beispiel ist die berühmte und verheerende Ostsee-Sturmflut von 1872 an den Schleswig-Holsteinischen Küsten, wo Fluthöhen um 3 m über NN registriert wurden. In ganz anderen zeitlichen und räumlichen Größenordnungen liegen z. B. Schwingungen von Passaten oder zonalen Luftdruck- und Wind-Gürteln (NAO, PDO, El Niño, ENSO, Monsune...), die alle zu mittel- und langfristigen Veränderungen von Meeresoberflächen führen, regional und/oder auch großräumig. Dabei können Meeresoberflächen-Erhöhungen und -Absenkungen auf den Ozeanen in relativer Nähe liegen.

Einen weltweiten, für alle Küsten einheitlichen „Normal-Null“-Wert – wie er bei jeder Höhenangabe als „m NN“ oder „m üM“ angegeben wird – kann es folglich nicht geben.

Deshalb wird die mittlere Meereshöhe verschiedener geographischer Regionen recht unterschiedlich definiert. Für Deutschland gilt der mittlere Amsterdamer Pegel, für Österreich traditionellerweise der Pegel der Adria von 1875 [2]. Als Ausgangspunkt des Schweizer Höhennetzes dient der Pierre du Niton. Dessen Höhe wurde vom mittleren Meeresspiegel von Marseille abgeleitet und auf 373,6 m gerundet. Die schweizerischen Höhen sind an der Grenze 6 bis 75 mm höher als die österreichischen. Eine Nichtbeachtung dieses definitorischen Prinzips hatte vor wenigen Jahren die Konsequenz, dass eine gleichzeitig jeweils von Deutschland und von der Schweiz aus gebaute Brücke nicht auf gleicher Höhe zusammentraf. Man kann nach allem also nur dem Hamburger Professor Dr.-Ing. Winfried Siefert zustimmen, der in einem Interview äußerte [3]: *„Der Meeresspiegel entpuppt sich bei näherer Betrachtung immer mehr als eine rechnerische Krücke, unzulänglich und vor allem wenig aussagekräftig. Besonders, wenn er allein als Maßstab dienen soll. Oder wenn aus ihm Horrorszenarien abgeleitet werden...“*

Als Zwischenfazit können wir feststellen: Pegeländerungen an den Küsten haben stets mehrere Ursachen, die sich überlagern. Der Meeresspiegelstand ist daher kein guter Indikator für einzelne Umweltfaktoren wie beispielsweise den anthropogenen Treibhauseffekt.

Meeresflut durch schmelzendes Pol-Eis?

Seit etwa 30 Jahren nehmen Eismasse und Eisbedeckung am Nordpol ab, am Südpol zu.

Während das stetige Wachsen des antarktischen Eispanzers in den Medien und damit in der Öffentlichkeit kaum zur Kenntnis genommen wird, sorgen die Meldungen vom Nordpol regelmäßig für panikartige Darstellungen überfluteter Küsten. Einer physikalischen Nachprüfung halten solche Meldungen nicht stand, denn wenn schwimmendes Eis schmilzt, dann steigt der Wasserspiegel nach dem bekannten Archimedischen Prinzip um keinen Millimeter. Anders ist es, wenn auf Kontinenten liegendes Eis schmilzt, wie auf Grönland. Allerdings entsteht auch daraus für eine überschaubare Zukunft kein Problem: Unterhalb von 1500 m schmilzt in Grönland zwar Eis, aber die gleiche Menge wird derzeit im dortigen Höhenbereich von 1500 bis 3000 m akkumuliert [4]. Die Massenbilanz scheint nach den Ergebnissen zweier Studien auf Grönland in etwa ausgeglichen zu sein [5, 6], so dass hiervon in der derzeitigen Situation kein Beitrag zu einem Meeresspiegelanstieg gefolgert werden kann. Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt der stellvertretende Direktor des Alfred-Wegener-Instituts Heinrich Miller [7], der feststellt, dass

„...Grönland zwar sehr wahrscheinlich an Masse verlieren wird, aber dieser Massenverlust durch verstärktes Abschmelzen in Grönland wird kompensiert durch eine Eiszunahme in der Antarktis“ und weiter: *„...nach den von uns berechneten Szenarien kommen wir zu dem Schluss, dass Veränderungen der großen Eismassen keinen Beitrag zu einem Meeresspiegelanstieg leisten werden“,* und *„Wann und ob die Arktis eisfrei sein wird, können wir nicht mit Sicherheit sagen.“*

Zum „Gletschertourismus“ sagt Miller, dass das Abschmelzen des Grönlandeseises nicht für Endzeitszenarien taugt [8]. Auch für den Sermeq-Kujalleq sieht er nicht schwarz; der Rückgang der Gletscherzunge werde in den nächsten Jahren zum Stillstand kommen [8].

Ähnlich zurückhaltend äußerte sich die neue AWI-Direktorin Karin Lochte. In einem Interview mit der *Frankfurter Allgemeinen Zeitung* [9] sagte sie auf die Frage, ob die starken Meereisverluste im Sommer 2007 ein Indiz für die künstliche Erwärmung sein: „Das müssen wir erst noch sehen. Wir wissen heute noch nicht, ob das Teil eines Zyklus ist, ob wir in vielleicht fünf Jahren wieder mehr Eis haben...“.

In der Tat kehrte sich schon im Winter 2007/08 der Trend am Nordpol drastisch um. In einem Report der kanadischen Rundfunkanstalt CBC vom 15. Februar 2008 wird über einen extremen Kälteeinbruch in Nordkanada berichtet. Seit Ende Januar lagen die Temperaturen anhaltend zwischen -30 und -40°C, an einigen Orten sogar unter -50°C. Entsprechend nahm die bedeckte Eisfläche im Vergleich zum Mittelwert der letzten 3 Jahre um 2 Millionen Quadratkilometer zu; bemerkenswert war auch die um 10 bis 20 cm stärkere Dickenzunahme des Eises [10]. Diese Tendenz hielt im Sommer 2008 an [11]. Am Ende des Sommers wurde der letztjährige Minimalwert von 4,1 Millionen km² Eisbedeckung nicht mehr unterschritten, im Gegenteil. Diesmal lag der Wert bei 4,5 Millionen km², also um 10% höher. Das langjährige Mittel (1979-2004) liegt allerdings um 2,2 Millionen km² darüber [12]. Bislang reichen die Daten nicht aus, um verlässliche Prognosen bezüglich der Meereisbedeckung zu machen, denn eine wichtige Größe ist die Dicke des Eises, die weitgehend unbekannt ist, da sie sich nicht mittels Satellitenbeobachtung erfassen lässt.

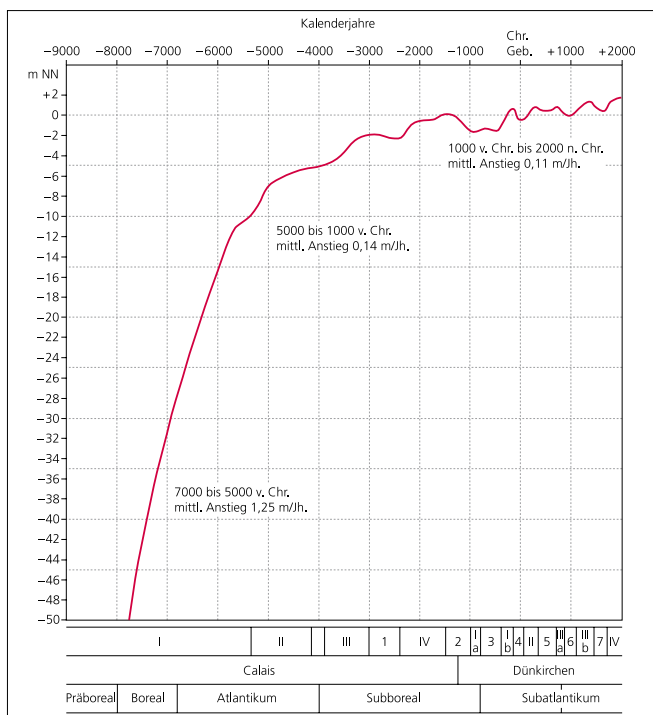


Abb. 2. Meeresspiegelanstieg an der südlichen Nordseeküste in den letzten 10 000 Jahren, Ergebnisse des Küstenforschungs-Instituts Wilhelmshaven [16].

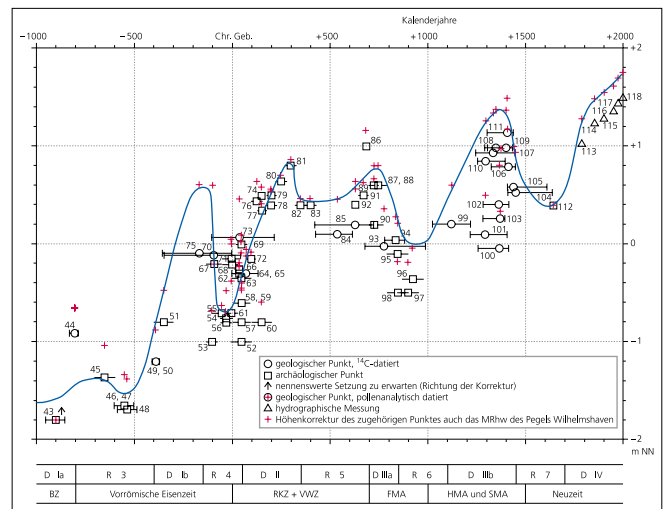


Abb. 3. Regressionen und Transgressionen an der südlichen Nordseeküste in den letzten 3000 Jahren, rekonstruiert auf der Grundlage von archäologischen und paläobotanischen Funden. Nach [16]

Auch vor Ostgrönland gibt es Anzeichen für eine gewisse Abkühlung: Zum einen gab es im Sommer 2008 besonders viel Eis [13], das sich sogar von der Arktis bis fast zum 74. Breitengrad nach Süden erstreckte. Zum anderen waren die Wassertemperaturen in der zwischen Spitzbergen und Grönland liegenden Framstraße gegenüber den im Jahr 2006 erhöhten Temperaturen wieder leicht gesunken. In dieser Meeresstraße fließt wärmeres und salzhaltigeres atlantisches Wasser nach Norden, während kaltes, salzärmeres Wasser aus der Arktis nach Süden fließt [13].

Dies alles bedeutet: Solange die Hoch-Plateaus von Grönland und Antarktika nicht schmelzen, gibt es keine Flut!

Damit das geschieht, müsste die globale Erwärmung um 10 bis 20°C zunehmen, denn der vertikale Temperaturgradient in der Atmosphäre beträgt rund 0,7°C/100m. Das bedeutet: Bei 1°C Erwärmung klettert die mittlere jährliche „Null-Grad-Grenze“ um ca. 130m nach oben. Dabei ist anzumerken: Das Hochplateau Grönlands liegt auf 3000m mit Jahresmittel-Temperaturen um -30°C, dasjenige der Antarktis auf 4000m mit Jahresmittel-Temperaturen um -50°C.

In diesem Zusammenhang ist allerdings auf einen möglichen Prozess hinzuweisen, der dennoch zu einem Abschmelzen höher gelegener Gletscher beitragen könnte: Seit einiger Zeit wird die These vertreten, dass hochgelegene und damit primär ungefährdete Gletscher durch oberflächlich abfließendes Schmelzwasser destabilisiert werden könnten. Demnach sickert Schmelzwasser am Gletschertrand durch das Eis und bildet Rinnen, Spalten und vertikale Rinnsale, die sich unter Mitführung von Gestein zu sogenannten Gletschermühlen entwickeln. Hierdurch würden Gletscher von oben nach unten ausgehöhlt, so dass sie in tiefere Lagen abrutschen und rasch schmelzen.

Schließlich sei auf weitere Faktoren hingewiesen, die mit dem arktischen Abschmelzen in Zusammenhang gebracht werden: Eine Forschergruppe der Woods Hole Oceanographic Institution hat 4000 Meter unter dem Meeresspiegel

entlang des Gakkel-Rückens, der nördlichen Fortsetzung des Mittelatlantischen Rückens im Nordpolarmeer zwischen Grönland und Sibirien, über eine Fläche von 10km² verstreute Gesteinsfragmente gefunden. Sie geben Hinweise auf untermeerische vulkanische Eruptionen [14]. Man weiß also in dieser Polarregion wenig über unterseeische Prozesse, die möglicherweise von unten her eine Erwärmung produzieren und somit die Eisschmelze beeinflussen, und die mit anthropogenen Einflüssen gar nichts zu tun haben. Dieses Beispiel verweist grundsätzlich auch auf die Bedeutung übergeordneter Ereignisse, die auf das globale Klima und den Meeresspiegel unzweifelhaft großen Einfluss ausüben. So gab es am Ende der letzten Eiszeit vor 10 000 Jahren besondere Konstellationen, die mit der heutigen Situation nicht vergleichbar sind. Damals waren auch tiefliegende Kontinentalflächen von einer 1 bis 2 km dicken Eismasse bedeckt. Schon ein Temperaturanstieg von wenigen Grad genügte damals, um in den unteren Höhen-Niveaus gigantische Schmelzprozesse in Gang zu setzen, mit gewaltigen Schmelzwasser-Strömen in die Meere (vgl. Abb. 2).

100-Meter-Flut nach der Eiszeit

Während erdgeschichtlicher Eiszeiten wird sehr viel Wasser in Eis gebunden. Soweit dieses Eis auf Kontinenten akkumuliert ist, sinkt der Meeresspiegel entsprechend. Dabei entstehen an den Küsten zusätzlich glazial-isostatische Effekte: Durch das zunehmende oder abschmelzende Eis verändert sich der Druck auf die Kontinente, tektonische Platten senken oder heben sich, was an ihren Rändern (z. B. Küsten) zu indirekten Veränderungen des Meeresspiegels führt.

In der Erdgeschichte ist der Meeresspiegel immer in Bewegung. Auf dem Höhepunkt der letzten Eiszeit (vor ca. 20 000 Jahren) lag der Meeresspiegel um ca. 140 Meter unter dem heutigen Niveau [15]. Seither und bis heute (!) ist er im Wesentlichen angestiegen (Transgression), allerdings insbesondere in den letzten 3000 Jahren immer wieder unterbrochen von „kurzzeitigem“ Zurückweichen (Regressionen, Abb. 2, 3).

Dieses ist z.B. für die deutsche Nordseeküste anhand von Sedimenten (Torfmoore) und archäologischen Daten detailliert untersucht worden (vgl. Abb. 2 und 3) [16]. Die Plausibilität der Ergebnisse fußt vor allem auch darauf, dass „... nach dem derzeitigen Kenntnisstand der südliche Nordseerand im Holozän isostatisch weitgehend stabil...“ ist [16].

Nach diesen Untersuchungen waren Meeresspiegelschwankungen von 1 bis 2 Metern in wenigen Jahrhunderten nicht ungewöhnlich. Seit 1600 bis heute ist die Nordsee um 135 cm gestiegen. Das sind im Mittel 34 cm in 100 Jahren.

Somit liegt der Anstieg des Cuxhavener Pegels von 1900 bis 2000 mit 25 cm eher im unteren Randbereich der naturgegebenen säkularen Schwankungen (Abb. 4), und der Meeresspiegelanstieg erfolgte in den letzten 400 Jahren noch nie so langsam wie im 20. Jahrhundert. Nach den Berichten des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) sollte es umgekehrt sein.

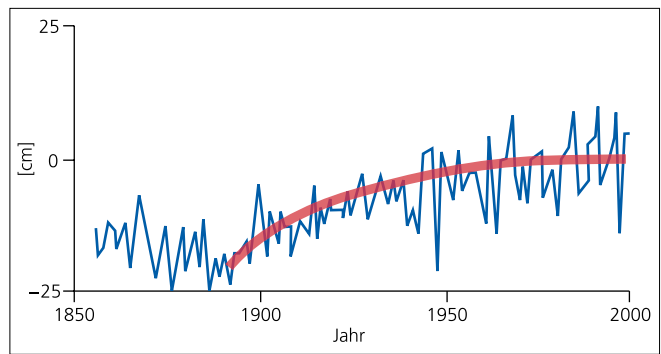


Abb. 4. Pegelstandsmessungen in Cuxhaven von 1850 bis 2000.

Ergebnisse von Pegel-Messungen und ihre Aussagekraft

Aus den vorstehenden Anmerkungen folgt zwangsläufig: Für die Erfassung von lokalen wie auch globalen Trends (so z. B. auch von Klimatrends) sind Langzeitmessungen unerlässlich. Dabei stoßen wir bei den Pegeln auf das gleiche Problem wie bei den Temperaturmessungen: Es existieren nur ganz wenige globale Messreihen, die mehr als 100 Jahre zuverlässig und ununterbrochen am dem gleichen Standort erhoben wurden.

Das ist auch der Grund, weshalb im Zusammenhang mit der derzeitigen Klima-Debatte die publizierten Ergebnisse von langjährigen Pegelmessungen rund um den Globus sehr unterschiedliche und auch widersprüchliche Ergebnisse zeigen. Einige Beispiele seien hier angeführt:

- Pegel von Cuxhaven und Norderney

Die wiederholt von IPCC, Klima-Instituten und Medien beschworene Beschleunigung des Meeresspiegelanstieges im 20. Jahrhundert – parallel zur globalen Erwärmung in diesem Zeitraum – ist z. B. in den Pegel-Registrierungen von Cuxhaven und Norderney nicht zu finden – eher das Gegenteil (Abb. 4)!

Weiterhin ist bemerkenswert, dass in einer Auswertung des Cuxhavener Pegels durch die Bundesanstalt für Wasserbau [17] für den Zeitraum 1950 bis 2003 zwar das mittlere Tide-Hochwasser (mTHW) den gleichen Trend zeigt wie der mittlere Pegel in Abbildung 4, aber dass das mittlere Niedrigwasser (mTNW) innerhalb des Auswertungszeitraumes der letzten 50 Jahre überhaupt keinen Trend zeigt. Eine Erklärung ist (zumindest in der o. a. Publikation) nicht zu finden.

Die gleichen Fakten gelten für den Pegel Norderney, zu dessen Auswertung der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) konstatiert [18]: „Mit dem Norderneyer Pegel kann aber nach wie vor ein beschleunigter Anstieg des Meeresspiegels nicht nachgewiesen werden.“

- Pegel global

In Abbildung 5a bis 5c sind globale Pegel-Registrierungen wiedergegeben: Die Kurve in Abbildung 5a berücksichtigt Pegelstände, die global an 23 Messstationen gemessen wurden [19]. Die Auswertung zeigt um 1910 einen leichten Knick

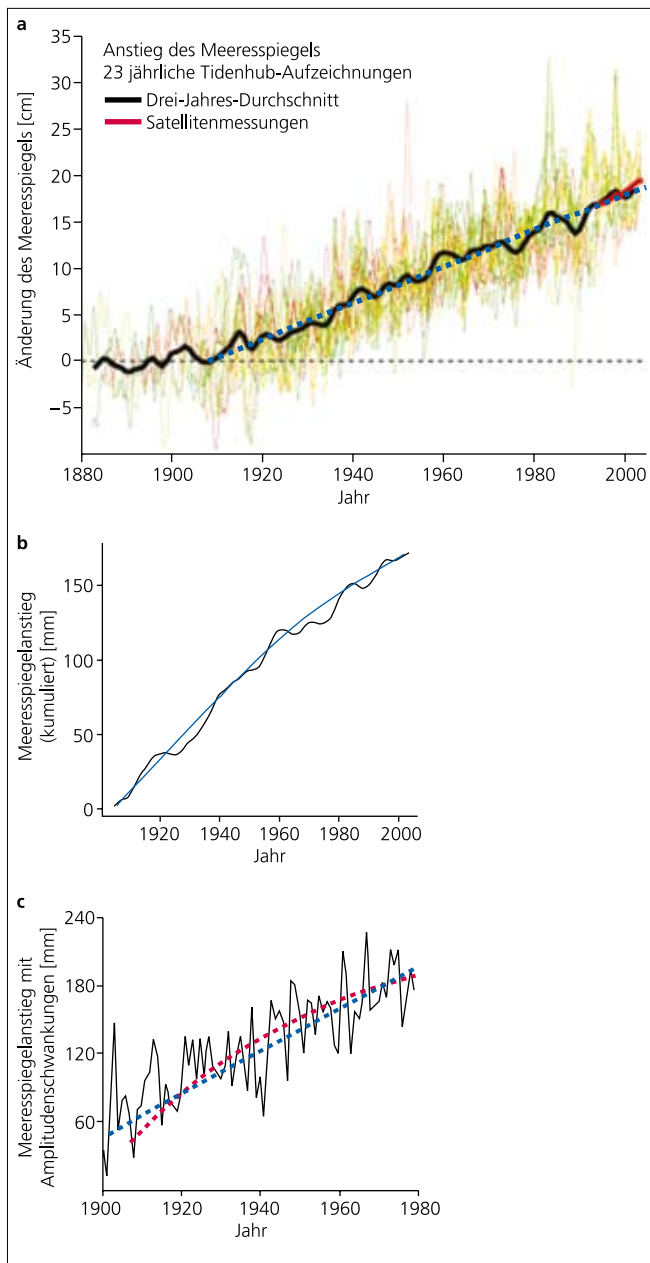


Abb. 5. Globale Pegelstandsmessungen. – **a.** 23 Pegel-Aufzeichnungen der letzten 120 Jahre. Nach [2], blaue Linie ergänzt. – **b.** Ergebnisse von ununterbrochenen Pegel-Registrierungen an 9 Stationen global. Nach [20]. – **c.** Studie des Heartland-Institute [21] an 84 Pegelstationen global. Innerhalb von 80 Jahren ergibt sich im Mittel ein Meeresspiegelanstieg von etwa 16 cm. (Trend-Linien eingefügt)

nach oben, aber in dem Zeitraum danach (1910-2005) ist keine Beschleunigung mehr erkennbar – der Anstieg verläuft im Mittel linear. Dies widerspricht der Prognose des IPCC, dass sich die globale Erwärmung (die vor allem ab 1970 verzeichnet wird) auf den Meeresspiegel auswirkt. Zwischen 1910 und 2005 ergibt sich im Mittel aller Pegel (Abb. 5a) ein (linearer) Anstieg von im Mittel 18 cm.

Besonders aussagekräftig sind ununterbrochene Pegelstandsregistrierungen, die an weltweit verteilten Standorten stattfinden.

Abbildung 5b zeigt das Ergebnis einer Studie, die an 9 Stationen durchgeführt wurde [20]. Für das 20. Jahrhundert ergibt sich ein mittlerer Meeresspiegelanstieg von $16,7 \pm 0,04$

mm im Jahr. Insgesamt stieg der Meeresspiegel um etwa 17 cm, wobei zwischen 1904 und 1953 der Anstieg mit $1,91 \pm 0,14$ mm/Jahr etwas höher war als zwischen 1954 und 2003 ($1,42 \pm 0,14$ mm/Jahr). Den gleichen Verlangsamungs-Effekt zeigt z. B. auch der Pegel Cuxhaven (Abb. 4).

Einen ähnlichen Schluss legt die Studie des Heartland Institute nahe [21], die wiederum global verteilte Pegelmessstandorte berücksichtigt (Abb. 5c): Ob man die (eingefügten) farbigen Linien so oder etwas anders legt: Eine Beschleunigung des Meeresspiegel-Anstieges ist nicht erkennbar. Innerhalb der 80 Jahre ergibt sich im Mittel der 84 Pegel ein Meeresspiegel-Anstieg von etwa 16 cm.

- Gibt es derzeit einen beschleunigten Anstieg des Meeresspiegels?

Im Widerspruch zu den hier vorgestellten Fakten steht die Aussage von Rahmstorf und Richardson, die bezogen auf die Abbildung 6 („Pegelmessungen an zahlreichen Küsten“; ohne Angabe der Zahl der Pegel), Folgendes feststellen:

„Diese Kurve zeigt einen Anstieg des Meeresspiegels um 18 cm seit 1880... Das ist etwas Neues. In den vergangenen Jahrtausenden hat es keinen auch nur annähernd vergleichbaren Anstieg gegeben...“ [22]

Einfache Berechnungen führen jedoch zu ganz anderen Ergebnissen. So lag der Meeresspiegel z. B. nach Schönwiese [15] vor ca. 15000 Jahren weltweit um 140 Meter tiefer gegenüber heute. Eine Übersichtsrechnung ergibt einen mittleren Meeresspiegelanstieg von nahezu einem Meter pro Jahrhundert.

Behre kommt für die südliche Nordseeküste zu einem Anstieg des Meeresspiegels von 50 m in den letzten 10000 Jahren [16]. Selbst das ergibt immerhin noch einen mittleren Anstieg von 50 cm pro Jahrhundert (Abb. 2, 3). Selbst innerhalb der letzten 3000 Jahre hat es Phasen gegeben mit Anstiegen von 50 bis 60 cm pro Jahrhundert (Abb. 3).

Gegen alle diese Ergebnisse nehmen sich 18 cm eher bescheiden aus, etwas „Neues“ [22] ist das jedenfalls nicht!

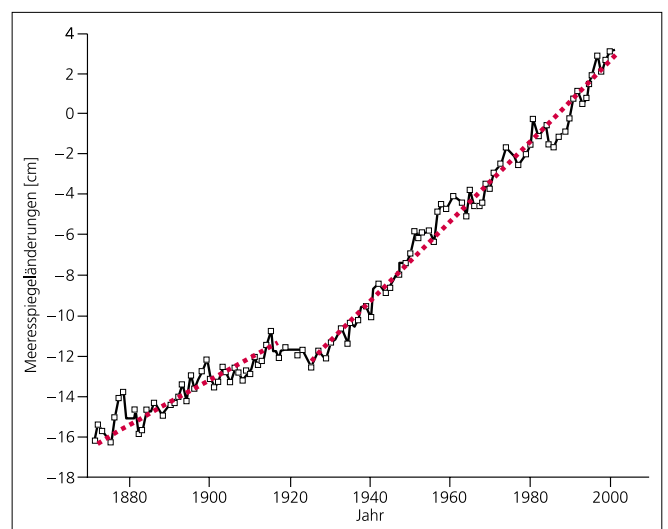


Abb. 6. Meeresspiegelanstieg in den letzten 120 Jahren. Nach [22], Trendlinien ergänzt.

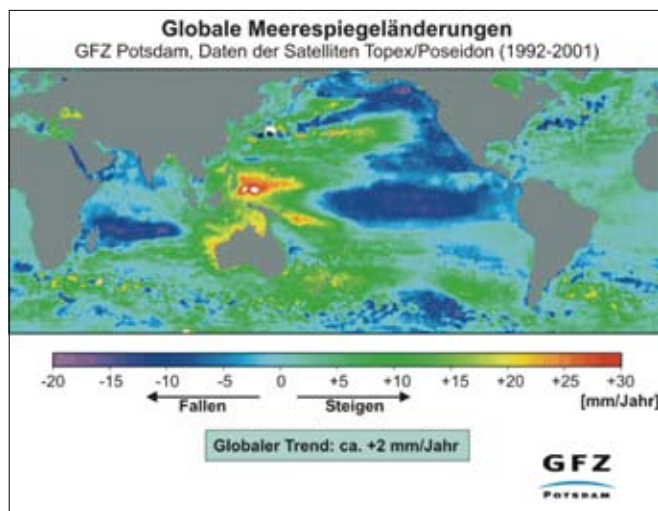


Abb. 7. Globale Meeresspiegeländerungen aufgrund von Satellitenmessungen; Daten der Satelliten Topex/Poseidon (1992-2001). [GFZ Potsdam]

Die Abbildung 6 zeigt drei unterschiedliche Phasen: Einen Anstieg 1870 bis 1915, einen Abfall ca. 1915 bis 1930, danach wieder einen Anstieg. Die beiden Anstiegsphasen zeigen einen insgesamt linearen Trend. Dabei verläuft die zweite Gerade steiler als die erste, allerdings ohne erkennbare Beschleunigung des Meeresspiegelanstieges (vgl. auch Abb. 5a-c). Zu einer ähnlich nüchternen Bilanz kommt das Alfred-Wegener-Institut [23]: „Der Trend des global gemittelten Meeresspiegels bleibt über den gesamten Zeitraum [hier: 1986-2003] mit 3,0 bis 3,5 mm/Jahr weitgehend konstant“.

Satelliten-Messungen

Seit 1993 gibt es kontinuierliche Messungen mit Satelliten-Radar-Instrumenten (Altimeter), die eine globale Vermessung von Meeresspiegel-Höhe und dessen Trend ermöglichen (Abb. 7). Anfang 2002 zog das GeoForschungsZentrum Potsdam eine erste Bilanz [24]:

„Dabei stellte sich heraus, dass der globale Meeresspiegelanstieg bei weitem nicht die Größenordnung annimmt wie von manchen befürchtet. Wie die Untersuchungen der Daten zeigen, steigt der Meeresspiegel weltweit durchschnittlich nur um zwei Millimeter pro Jahr. Der Anstieg um zwei Millimeter pro Jahr ist ein weltweiter Durchschnittswert. Weiterführende Studien am GFZ/D-PAF haben ergeben, dass der Meeresspiegelanstieg nicht gleichmäßig erfolgt, sondern erhebliche regionale Unterschiede aufweist. So stehen Meeresspiegelerhöhungen von bis zu einem Zentimeter pro Jahr im mittleren Indischen Ozean und im Südwestpazifik gleich große Meeresspiegelsenkungen im Zentralpazifik und im Golf von Bengalen gegenüber. Diese Zahlen machen deutlich, dass der weltweite Durchschnittswert von zwei Millimeter pro Jahr für sich allein betrachtet noch keine große Aussagekraft im Hinblick auf eine drohende Klimakatastrophe besitzt...“

Von einem Trend ist hier keine Rede. Eine aktuelle Auswertung der Satelliten-Messungen zeigt, dass sich sogar ein Absinken des Meeresspiegels seit Anfang 2006 andeutet

(Abb. 8) [25]. Gibt es hier ein erstes Anzeichen für eine Trendumkehr, die vielleicht mit einer seit 10 Jahren beobachteten abnehmenden globalen Temperatur in Zusammenhang steht, wie sie z.B. vom Hadley-Center des britischen Wetterdienstes [26] vermeldet wird? Ein so kurzfristiger thermischer Effekt („Ausdehnungs-Koeffizient“, s. u.) ist jedoch kaum plausibel, dazu ist das Meer in seinen zeitlichen Reaktionen zu träge.

Allerdings belegen Messungen des Bojen-Projektes ARGO (seit 2003) [27] mit 3000 Drift-Bojen und Temperaturmessungen bis 2000m Tiefe in der Tat keine Erwärmung der Meere mehr, sondern eher einen (noch nicht signifikanten) Trend zur Abkühlung. Zum gleichen Ergebnis kommen Messungen des Alfred-Wegener-Instituts [28]: „Die Tiefsee der Antarktis wird nach jahrelanger Erwärmung wieder kälter“.

Meeresspiegel-Prognosen

Seit rund 30 Jahren werden Schreckensszenarien bezüglich eines Meeresspiegelanstiegs innerhalb von 100 Jahren prognostiziert. So heißt es schon 1987 in einem Enquete-Bericht für den Bundestag [29]: „Es ist wahrscheinlich, dass der Meeresspiegel im Verlauf des nächsten Jahrhunderts um bis zu 1,5m ansteigen wird, aber auch ein Anstieg um 5 m ist nicht ausgeschlossen...“. Ähnliche Größenordnungen liest man auch heute [22]: „...Meeresspiegelanstieg möglicherweise sogar um mehr als einen Meter bis zum Jahr 2100 im Falle einer starken globalen Erwärmung um mehr als 4 °C“.

Bei den Prognosen zum Meeresspiegelanstieg wird immer wieder als maßgeblicher Faktor die thermische Ausdehnung der Meere als Folge der atmosphärischen Erwärmung und der daraus folgenden Meereseerwärmung genannt [15,22]. Dazu wird in einer Abschätzung [22] ausgeführt, dass in den letzten 40 Jahren (1961-2003) die Ozeane $1,4 \times 10^{23}$ Joule an Wärme gewonnen haben und sich die Meerestemperatur – bezogen auf das Gesamtvolumen des Meerwassers – im Mittel um etwas weniger als 0,04 °C erhöht hat. Auf den thermischen Effekt wird für den genannten Zeitraum ein Meeresspiegelanstieg um 0,4 mm pro Jahr zurückgeführt [22].

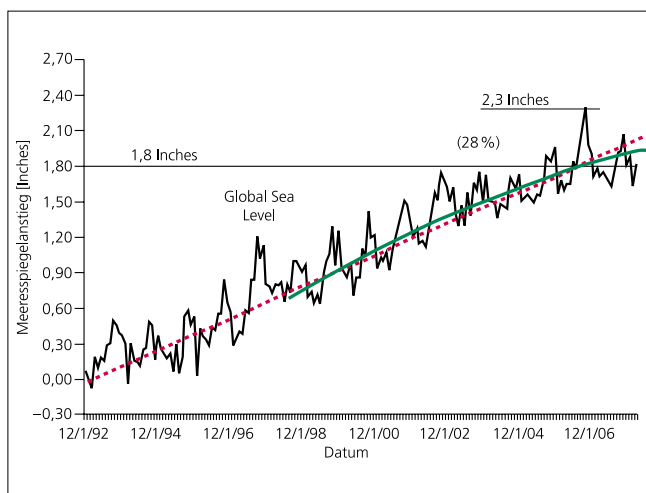


Abb. 8. Auswertung von Satellitenmessungen des Meeresspiegels in den Jahren 1992 bis 2008. Nach [25]

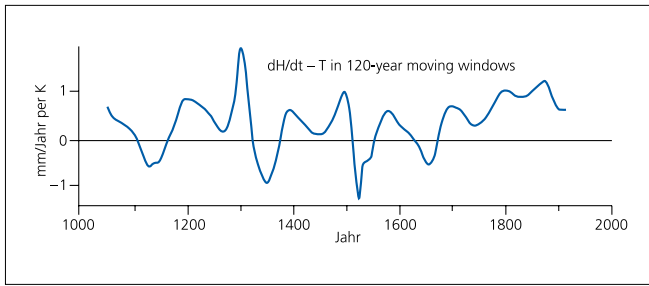


Abb. 9. Beziehung zwischen zeitlicher Meeresspiegel-Änderung (dH/dt) und Lufttemperatur-Änderung (T) der letzten 1000 Jahre. Auswertungsintervalle jeweils 120 Jahre. Ein statistisch haltbarer Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Änderung des Meeresspiegels kann nicht postuliert werden. Nach [31]

Daraus folgen 4 cm/Jahrhundert, entsprechend rund 20% des natürlichen Anstieges von jeweils rund 20 cm in den letzten Jahrhunderten. Selbst wenn man von einem Anstieg der mittleren Temperatur von 3°C ausgeht (entsprechend der IPCC-Prognose), so ließe sich daraus keine Überflutungs-Katastrophe von Inseln und Küsten herleiten:

Eine lineare Hochrechnung, die alleine auf dem Wärmetransport von der Meeresoberfläche in die Tiefe basiert, ergibt bei einer Erwärmung der atmosphärischen Temperatur von 3°C einen Meeresspiegelanstieg von 12 cm in 100 Jahren.

Selbst dieses ist sicherlich ein zu großer Wert, denn die Wärmeabgabe der Atmosphäre an die Ozeane ist ein sehr langwieriger Prozess. Die auf eine Volumeneinheit bezogenen Wärmekapazitäten von Wasser und Luft unterscheiden sich nämlich um den Faktor 3000. Um eine Vorstellung zu geben: Die obersten 2,5 m der Ozeanwassersäule können die gleiche Wärme speichern wie die auf der gleichen Fläche darüber ruhende gesamte Luftsäule [30].

Bei alledem wird vorausgesetzt, dass es zwischen den Temperaturänderungen des Systems Atmosphäre/Meer und der Meeresspiegel-Veränderung einen direkten monokausalen Zusammenhang gibt. Genau das wird durch eine soeben erschienene Arbeit des GKSS-Instituts für Küstenforschung widerlegt [31]. Eine entscheidende Aussage dort ist, dass ein statistisch haltbarer Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Änderung des Meeresspiegels nicht existiert, selbst wenn man sich allein auf die gut bekannte thermische Ausdehnung des Meerwassers beschränkt.

Und in Anspielung auf dramatische Meeresspiegel-Prognosen von bis zu 1,40 m bis zum Jahre 2100 [32] wird darauf verwiesen, dass die Wissenschaft durchaus über statistische Methoden verfügt, um die Gültigkeit von Modellen zu prüfen und gegebenenfalls zu widerlegen. Als Beispiel wird die Proportionalität zwischen Meeresspiegelanstieg und Lufttemperatur behandelt (Abb. 9). Abgeleitet aus gleitenden 120jährigen Datenfenstern wird gezeigt, dass je nach Zeitraum zur Bestimmung der Korrelation positive, bisweilen aber auch negative Zusammenhänge gefunden werden. Ein direkter physikalischer Zusammenhang zwischen der Änderung des jährlichen Meeresspiegels und der jährlich gemittelten Lufttemperatur kann demzufolge nicht hergestellt werden [31].

Seit 1990 gibt es den Weltklimarat (IPCC), der in seinen in ungefährem 5-Jahres-Rhythmus veröffentlichten umfangreichen Berichten stets auch Meeresspiegel-Prognosen publiziert. Eine diesbezügliche Zusammenstellung gibt die Abbildung 10: Das IPCC hat seine Meeresspiegel-Prognosen von Bericht zu Bericht deutlich zurückgenommen und liegt in seinem jüngsten Bericht (2007) mit seiner Prognose für die nächsten 100 Jahre (18 – 59 cm) mit einem Mittelwert von 38 cm nahezu bei genau dem Wert, zu dem Behre [16] im Jahrhundertmittel der letzten 400 Jahre an der südlichen Nordseeküste kommt (Abb. 3).

Es ist offensichtlich: Der aktuell gemessene Meeresspiegelanstieg folgt den seit 30 Jahren gestellten Prognosen nicht – und auch das IPCC passt sich der Realität an (Abb. 10), und diese ist erfreulich ernüchternd und weit entfernt von irgendwelcher Katastrophen!

In der Graphik der Abbildung 10 ist auch ein mit einem „R“ gekennzeichnete Balken dargestellt. Dieser steht für eine neue spektakuläre Prognose des PIK-Forschers S. Rahmstorf von 50-140 cm bis zum Ende des 21. Jahrhunderts [32].

Dazu veröffentlichte die *Frankfurter Allgemeine Zeitung* folgenden Kommentar [33]:

„Diesen Befund könnte man einreihen in eine Reihe ähnlicher Berichte, in denen mal von Zentimetern bis hin zu mehr als zehn Metern Meeresspiegelanstieg die Rede ist. Rahmstorfs Aufsatz aber ist durchaus etwas Besonderes. Denn zum ersten mal und noch nie so deutlich hat einer der Klimaforscher ausgeführt (und ausgesprochen), was als Ursünde in der Zukunft gilt: das offene Infragestellen der physikalischen Computermodelle. ‚Die Tatsache, dass wir mit unterschiedlichen Methoden so unterschiedliche Abschätzungen erhalten, macht deutlich, wie unsicher unsere gegenwärtigen Meeresspiegelvorhersagen noch sind‘, schreibt Rahmstorf. Und er gibt zu bedenken, dass die Modelle bisher ‚nicht in der Lage sind, den Meeresspiegel der vergangenen Jahrzehnte richtig zu reproduzieren‘. ... Die Unsicherheit über den künftigen Meeresspiegelanstieg ist wahrscheinlich größer, als früher angenommen.“

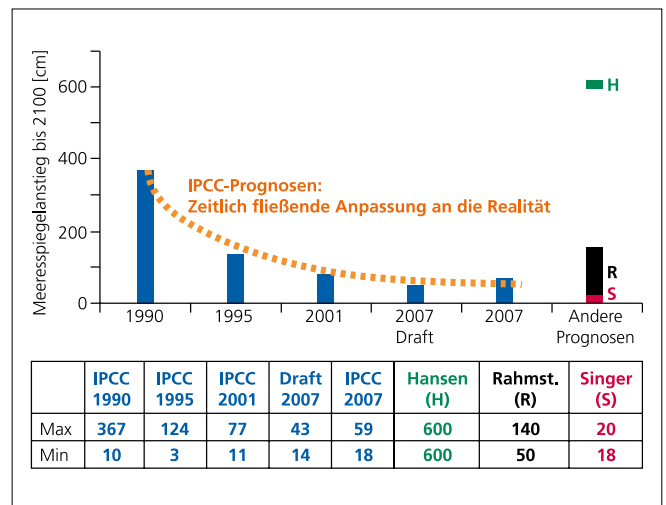


Abb. 10. Prognosen des IPCC zum Meeresspiegelanstieg im 21. Jahrhundert [21]. Die IPCC-Prognosen passen sich mehr und mehr der Realität von ca. 20 cm/Jahrhundert an (vgl. Abb.4-5).

Berücksichtigt man außerdem noch, dass es weltweit und auch an den deutschen Küsten keinen Trend zu mehr Stürmen und Sturmfluten gibt [34], dann spricht die jüngste Verlautbarung des Bundesamtes für Schifffahrt und Hydrographie [35] eine klare Sprache zur (nicht vorhandenen!) Gefahrenlage:

„Es gibt in Norddeutschland nicht mehr Sturmfluten als vor 50 Jahren. Ein generell steigender Trend bei der Häufigkeit und Intensität von Sturmfluten als Vorbote des globalen Klimawandels ist gegenwärtig nicht erkennbar.... Schon jetzt sind Küstenschutz und Deiche so ausgelegt, dass sie auch höheren Sturmfluten Stand halten als den bisher eingetretenen. Sollte es zu einem Meeresspiegelanstieg von 20 bis 80 cm kommen, wie er von einigen Wissenschaftlern bis 2100 prognostiziert wird, bleibt genügend Zeit, um sich auf neue Szenarien einzustellen.“

Auch aus anderen Regionen kommen Nachrichten, die den Szenarien einer drohenden Überflutung von Küstenregionen widersprechen. Wissenschaftler des Zentrums für Umwelt und Geographie (CEGIS) in Dhaka haben jüngst Satellitenbilder der letzten 32 Jahre untersucht. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Landmasse von Bangladesch – entgegen den Prognosen des IPCC – jährlich um rund 20km² zugenommen habe. Ein entscheidender Faktor, der bislang nicht berücksichtigt wurde, ist die Sedimentfracht der großen Himalaya-Ströme Ganges und Brahmaputra, die diese an der südlichen Küste in der Bucht von Bengalen ablagern [36]. Hinzu kommt, dass insbesondere im Indischen Ozean der Meeresspiegel sogar fällt und auch vor Bangladesch zum Stillstand gekommen ist – seit wenigstens 15 Jahren (vgl. Abb. 7).

Zum Abschluss soll Nils Axel Mörner zu Wort kommen, der als Professor für Geowissenschaften seit Jahren das Stockholmer Institut für Paläowissenschaften leitet. Er war 2000 und 2007 Berichterstatter beim IPCC für den Meeresspiegelanstieg. Nach seinem Ausscheiden beim IPCC äußerte er sich überaus kritisch [37]:

„I have been the expert reviewer for the IPCC, both in 2000 and last year (2007). The first time I read it, I was exceptionally surprised. First of all, it had 22 authors, but none of them, none, were sea-level specialists. They were given this mission, because they promised to answer the right thing. Again, it was a computer issue“ ... und weiter: „If you go around the globe, you find no rise anywhere. But they [IPCC] need the rise, because if there is no rise, there is no death threat. They say there is nothing good to come from a sea-level rise, only problems, coastal problems. If you have a temperature rise, if it's a problem in one area, it's beneficial in another area. But sea level is the real 'bad guy', and therefore they have talked very much about it. But the real thing is, that it doesn't exist in observational data, only in computer modelling...“

In einer zusammenfassenden Übersichtsstudie [38] kommt Mörner zu dem Ergebnis:

„The late 20th century lack any sign of acceleration. Satellite altimetry indicates virtually no changes in the last decade.This implies that there is no fear of any massive future flooding as claimed in most global warming scenarios.“

Fazit

Einen weltweit einheitlichen Meeresspiegel gibt es nicht. In der Erdgeschichte hat es durch vielerlei geophysikalische und meteorologische Prozesse stets Veränderungen des Meeresspiegels gegeben, die bis heute auftreten. Die globale Massenbilanz des Eises von Nordpol, Grönland und Antarktis ist derzeit und für eine überschaubare Zukunft positiv, so dass schmelzendes Nordpoleis keinen Beitrag zu einem Meeresspiegelanstieg leistet. Seit der letzten Eiszeit ist der Meeresspiegel (unterbrochen von einigen Regressionen) stetig gestiegen, im Mittel um einen halben bis einen Meter pro Jahrhundert, z. B. an der deutschen Nordseeküste immer noch 35 cm/Jahrhundert innerhalb der letzten 400 Jahre. Dabei haben anthropogene Einflüsse keine Rolle gespielt. Die verfügbaren Pegel zeigen global im 20. Jahrhundert einen Anstieg von etwa 16 bis 18 cm, deutlich weniger als in den Jahrhunderten davor. Eine Beschleunigung des Anstieges ist nicht erkennbar, bei der überwiegenden Zahl der Auswertungen zeigt sich eher eine Abschwächung. Ein anthropogenes Signal des Meeresspiegelanstieges ist nicht zu finden! Der Weltklimarat (IPCC) hat seine Prognosen von im Mittel 180 cm (1990) in mehreren zwischenzeitlichen Schritten auf im Mittel 38 cm (2007) zurückgenommen, und somit nach unten hin weitgehend an den noch geringeren Trend der letzten Jahrzehnte angepasst. Die in der Öffentlichkeit immer wieder angeheizte Krisenstimmung bis hin zur Panikmache bezüglich bevorstehender Küstenüberflutungen hat keine naturwissenschaftliche Grundlage.

Literatur

- [1] Das GeoForschungsZentrum Potsdam. 10. Aufl. Selbstverlag. Potsdam 2003.
- [2] <http://Wikipedia.org>.
- [3] Emders Zeitung, Sonntagsblatt, 26. Februar 1995.
- [4] http://www.esa.int/esaEO/SEMILF638FE_planet_1.html „subhead3“.
- [5] R. Beising: Klimawandel und Energiewirtschaft. VGB PowerTech Service GmbH. Essen 2006, S.131.
- [6] H. Zwally et al., J. Glaciology 51, 509 (2005).
- [7] http://www.awi.de/de/aktuelles_und_presse/bild_film_ton/tonbeitraege/miller_3112007_klimawandel; Okt. 2007.
- [8] Wenn der Gletscher ruft – Politiker pilgern nach Grönland. Handelsblatt, 8.8.2007.
- [9] FAZ 16.11.2007, S.46.
- [10] CBC – February 15, 2008. <http://www.cbc.ca/technology/story/2008/02/15/arctic-ice.html>.
- [11] DER SPIEGEL, 16.6.2008, S.140, Interview mit Dr. Jokat, AWI.
- [12] AWI, Pressemitteilung, 19.9.08., Geringe Eisbedeckung in der Arktis im Sommer 2008.
- [13] AWI, Pressemitteilung, 07.08.2008, Erfolgreiche Messreihen im arktischen Meeres, Polarstern beendet Arbeiten in der Framstraße.
- [14] R. Reves-Sohn et al., Woods Hole Oceanographic Institution, Fire Under Arctic Ice: Volcanoes Have Been Blowing Their Tops In The Deep Ocean, Science Daily, June 26, 2008.
- [15] C. D. Schönwiese: Klimaschwankungen. Springer-Verlag. Berlin 1979.
- [16] K.-E. Behre: Probleme der Küstenforschung, Bd.28. Isensee-Verlag. Oldenburg 2003.
- [17] M. J. Boehlich: Tidedynamik der Elbe, BA f. Wasserbau, Mitt.Bl. 86/2003, S. 55-60.
- [18] Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN): Niedersachsens Küstendeiche werden ab sofort höher gebaut, Mitt.19.07.2007.
- [19] <http://wopedia.mobbi.de/Meeresspiegelanstieg>.
- [20] S. J. Holgate: Geophys. Res. Lett. 34, L01602, doi:10.1029/2006GL028492, 2007.
- [21] Heartland Inst. Chicago, 2008. <http://www.heartland.orgg/Article.cfm?artId=22835>.
- [22] S. Rahmstorf, K. Richardson: Wie bedroht sind die Ozeane? Fischer Taschenbuch-Verlag. Frankfurt a. M. 2007, S.124.
- [23] AWI, Zweijahresbericht 2006/2007, S.66.
- [24] GeoForschungsZentrum Potsdam, Presse-Information,

18.02.2002, <http://www.gfz-potsdam.de/news/meeres.html>. – [25] J. Zyrkowski: Sun's Decline Freezes Global Warming, Drops Oceans. St. Augustine's Press. South Bend, Ind./USA 2008. Daten TOPEX/POSEIDON. – [26] <http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/obsdata/HadCRUGNS.html>. – [27] <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=88520025>. – [28] Alfred-Wegener-Institut, Die Tiefsee der Antarktis wird kälter, Pressemitteilung, 21.04.2008. – [29] Zwischenbericht der Enquete-Kommission des 11. Deutschen Bundestags, Schutz der Erdatmosphäre, Bonn 1988, S.418. – [30] BMV, Temperaturschwankungen im Nordatlantischen Ozean, FS Gauss, Verkehrsnachr. 11/93, S.8-10. – [31] H. v. Storch, E. Zorita, J. F. González-Rouco: Relationship between global mean sea-level and global mean temperature in an climate simulation of the past millennium, Z. Ocean Dynamics, DOI 10.1007/s10236-008-0142-9; 2008. – [32] S. Rahmstorf: A Semi-Empirical Approach to

Projecting Future Sea-Level Rise, Science (express) 10.1126/science.1135456, 14 Dec. 2006. – [33] FA.Z., 15.12.2006, Nr. 292, S. 42. – [34] K.-E. Puls: Die Klimakatastrophe – Sturm im Wasserglas, nicht an den Küsten. <http://www.eike-klima-energie.eu> (Publikationen). – [35] BSH Hamburg, 26.09.2007, Pressemitteilung. <http://www.bsh.de>. – [36] <http://www.cegisbd.com/>. – [37] Claim That Sea Level Rising Is a Total Fraud, Interview with Dr. Nils-Axel Mörrner, June 22, 2007 EIR Economics 33, <http://www.schmanck.de/KlimaWiss/SeaLevel.htm>. – [38] N.-A. Mörrner, Global and Planetary Change **40**, 39 (2004).

Diplom-Meteorologe **Klaus-Eckart Puls** (geb. 8. März 1939) war Leiter des Wetteramtes Essen. Er hat in unserer Zeitschrift wiederholt über Aspekte der Meteorologie, Vermessungskunde und Mathematik berichtet. *Im Mühlenfeld 17, 27624 Bad Bederkesa*



Die Giftküche der Natur

Wink · van Wyk · Wink

Handbuch der giftigen und psychoaktiven Pflanzen

Von Prof. Michael Wink, Prof. Ben-Erik van Wyk und Dr. Coralie Wink

2008. 480 Seiten. 500 vierfarbige Abbildungen. Gebunden.
€ 39,-- [D].
ISBN 978-3-8047-2425-9
Subskriptionspreis bis 31.12.2008:
€ 34,-- [D]

Der Leitfaden bietet einen ausführlichen Überblick über die 200 weltweit wichtigsten giftigen oder bewusstseinsverändernden Pflanzen. Anhand von 530 bestechenden Abbildungen führen die bekannten Autoren den Leser durch die faszinierende Welt der giftigen Kräuter, Sträucher und Bäume. Der Leser erhält steckbriefartige Informationen zu

- Aussehen und typischen Merkmalen,
- Herkunft und Verbreitung,
- Inhaltsstoffen und Verwendung,
- Wirkungen und Toxizität,
- Vergiftungssymptomen und Erster Hilfe.

Die kompakte Darstellung gibt Pharmazeuten, Medizinern, Toxikologen und Biologen höchst interessante Einblicke in die Giftküche der Natur.

WVG Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart · Postfach 10 10 61 · 70009 Stuttgart · Telefon 0711 2582 341
Telefax 0711 2582 390 · Bestell Service: 0800 2990 000 Ferngespräche zum Nulltarif mit Bandaufzeichnung
E-Mail: service@wissenschaftliche-verlagsgesellschaft.de · Internet: www.wissenschaftliche-verlagsgesellschaft.de