

Teil 2: Die Bestimmung des globalen Meeresspiegels GMSL (Global Mean Sea Level)

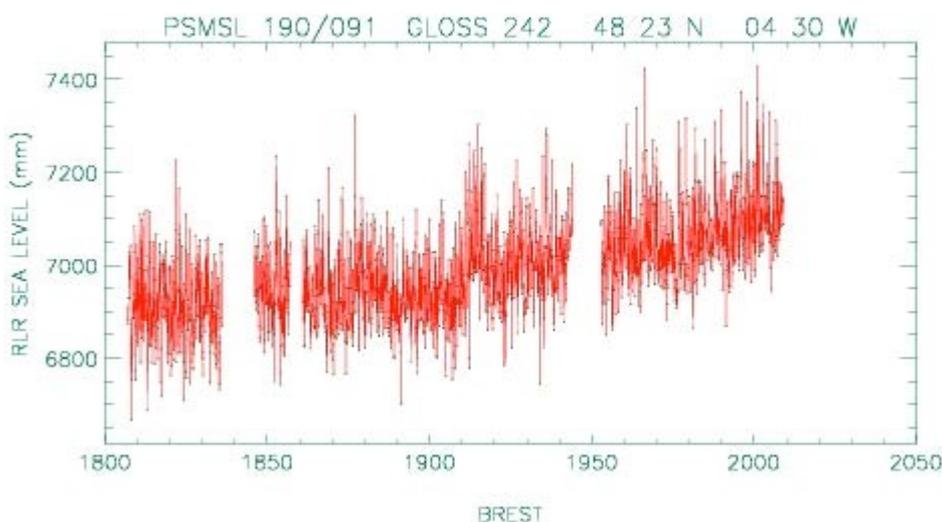
geschrieben von Admin | 14. September 2024

Die Meeresspiegelangaben des IPCC, PIK etc. sind sowohl zeitlich als auch messtechnisch zu ungenau, um aus den beobachteten nur vage ermittelten Veränderungen (ca. 1 bis 2 mm/Jahr), deren Abhängigkeit von der Globaltemperatur hinreichend klar zu bestimmen.

von Michael Limburg

4.2.4. Trendverläufe des relativen Meeresspiegels RSL anhand von Beispielen.

Im Folgenden werden einige Beispiele der so ermittelten RSL Zeitreihen gezeigt. Als Quelle diente die, von fast allen Autoren benutzte, Datenbank des (PMSL, Permanent Service for Mean Sea Level) des Proudman Oceanographic Laboratory in Liverpool⁽¹⁾. Sie zeigen die großen Schwierigkeiten auf, aus den gesammelten, vielfach widersprüchlichen Beobachtungsdaten, ein einheitliches Bild zu formen.



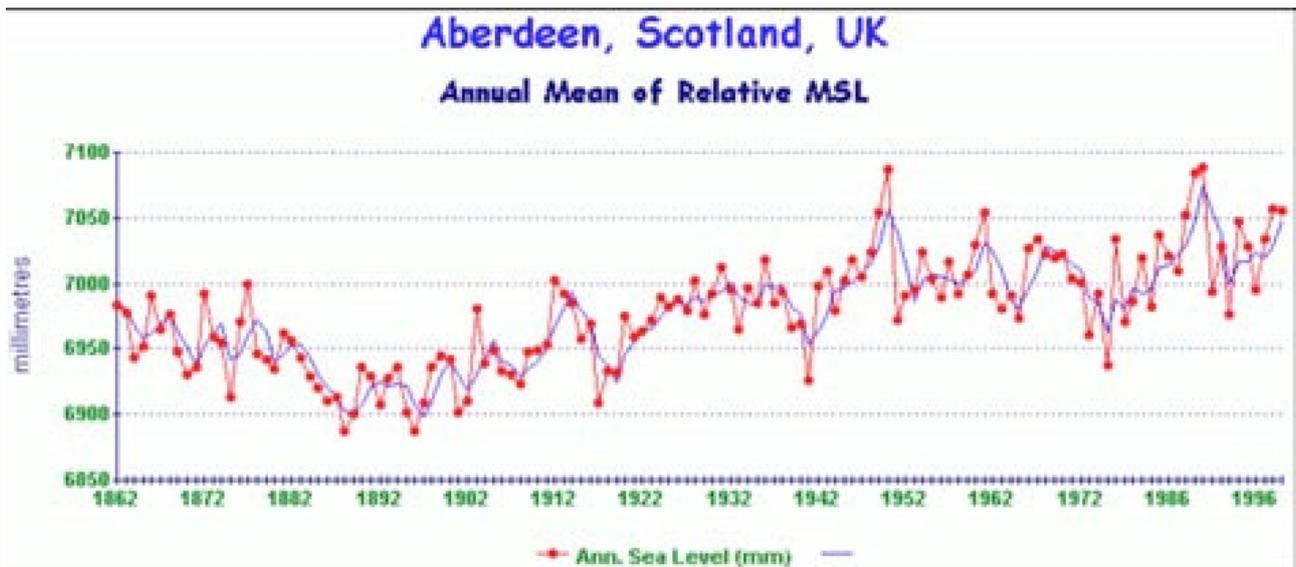


Abbildung 51: linkes Bild monatlicher RSL von Brest Frankreich mit ca. 200 mm Anstieg in 2 Jahrhunderten, d.h. ca. 1 mm/Jahr (ebenfalls im IPCC TAR erwähnt.) Rechtes Bild: Aberdeen Schottland, ebenfalls mit langer Messdauer. Der Anstieg betrug von 1862 bis 1998 ca. 80 mm oder ca. 0,6 mm/Jahr.

Die Abbildung 51 zeigt die Trends von Brest und Aberdeen in Schottland. Obwohl beide Orte im Weltmaßstab dicht beieinander liegen, Brest am Atlantik, Aberdeen an der Nordsee, zeigen sie ganz erhebliche Unterschiede. Die Trends liegen jedoch immer noch deutlich unter dem IPCC Mittel von 1,7 mm/Jahr. Brest zeigt ca. 1 mm/Jahr und Aberdeen ca. 0,6 mm/Jahr. Höhere Trends zeigen die Messungen in den Niederlanden. Die Abbildung 52 zeigt das Beispiel von Hoek van Holland (mit kontinuierlicher Messung seit 1862). Dort beträgt der Trend + 2,4 mm/Jahr.

Pegel RSL Hoek v. Holland

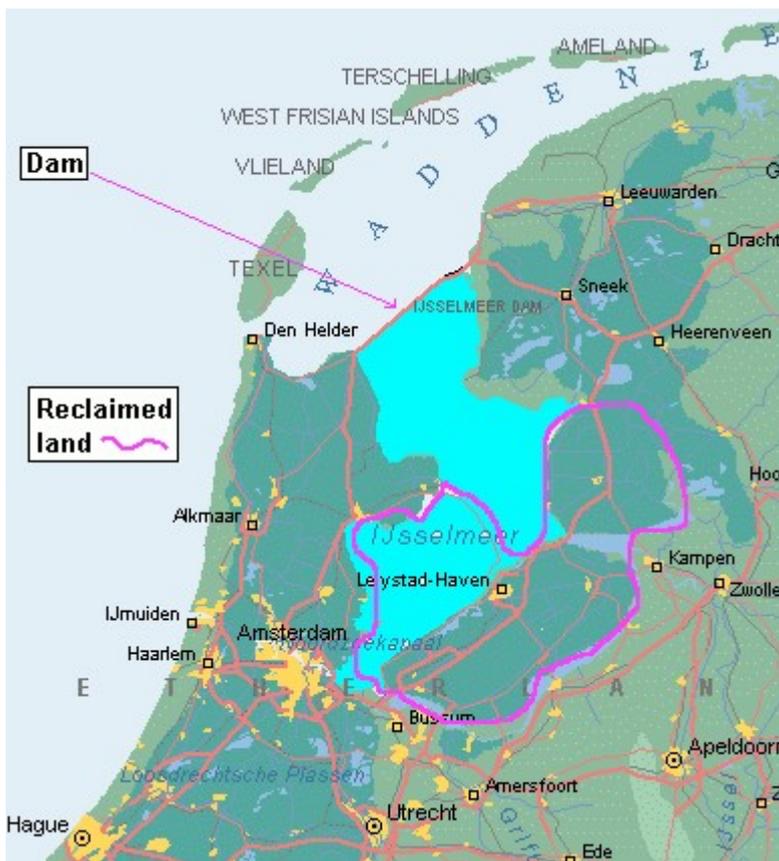
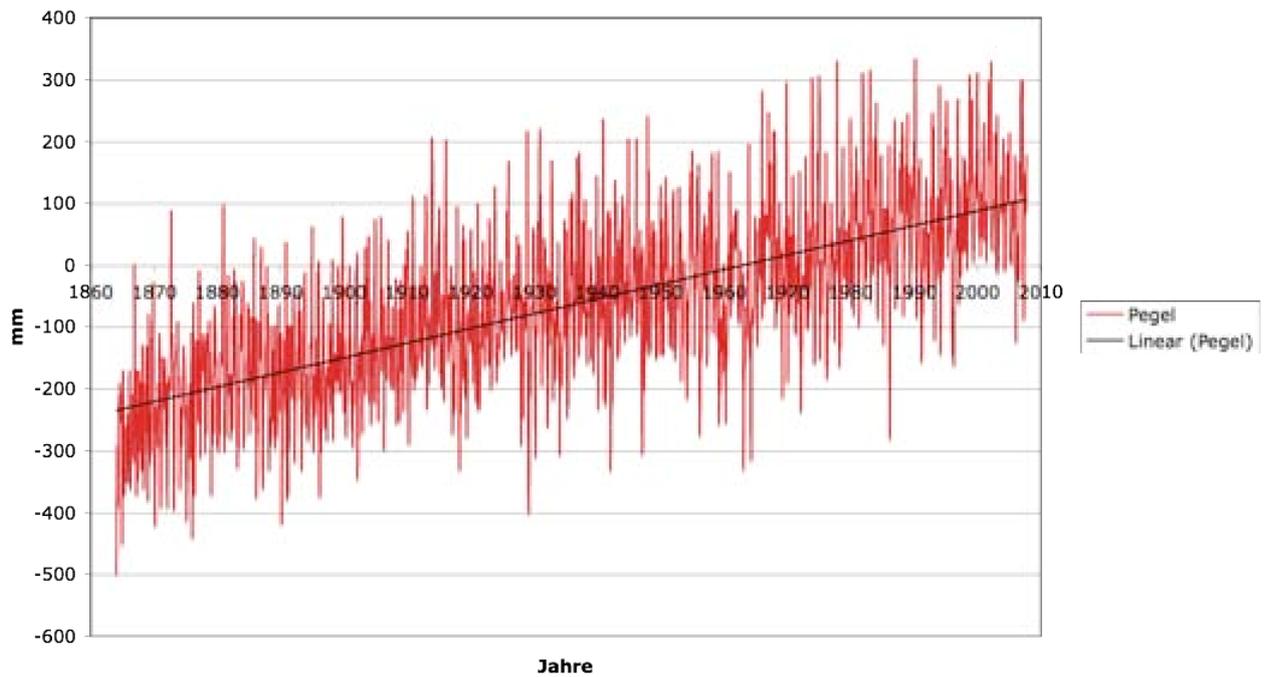


Abbildung 52^[2]: Linkes Bild Monatliche RSL – Veränderung in Hoek van Holland mit einem Anstieg von ca. 2,4 mm/Jahr, rechtes

Bild: Eindeichung der Zuidersee in den Niederlanden als vermutete Hauptursache

Noch deutlicher wird diese Verschiedenheit am Beispiel von Stockholm an der Ostsee und Triest an der Adria. Städte, die eine lange Messdauer (> 50 Jahre) aufweisen, deren Binnenmeere aber nur über relativ enge Zuflüsse mit dem Atlantik verbunden sind. Sie zeigen klar gegenläufige Trends. Stockholm mit $-3,4\text{mm/Jahr}$ und Triest mit $+1,26\text{mm/Jahr}$. Siehe auch Abbildung 53.

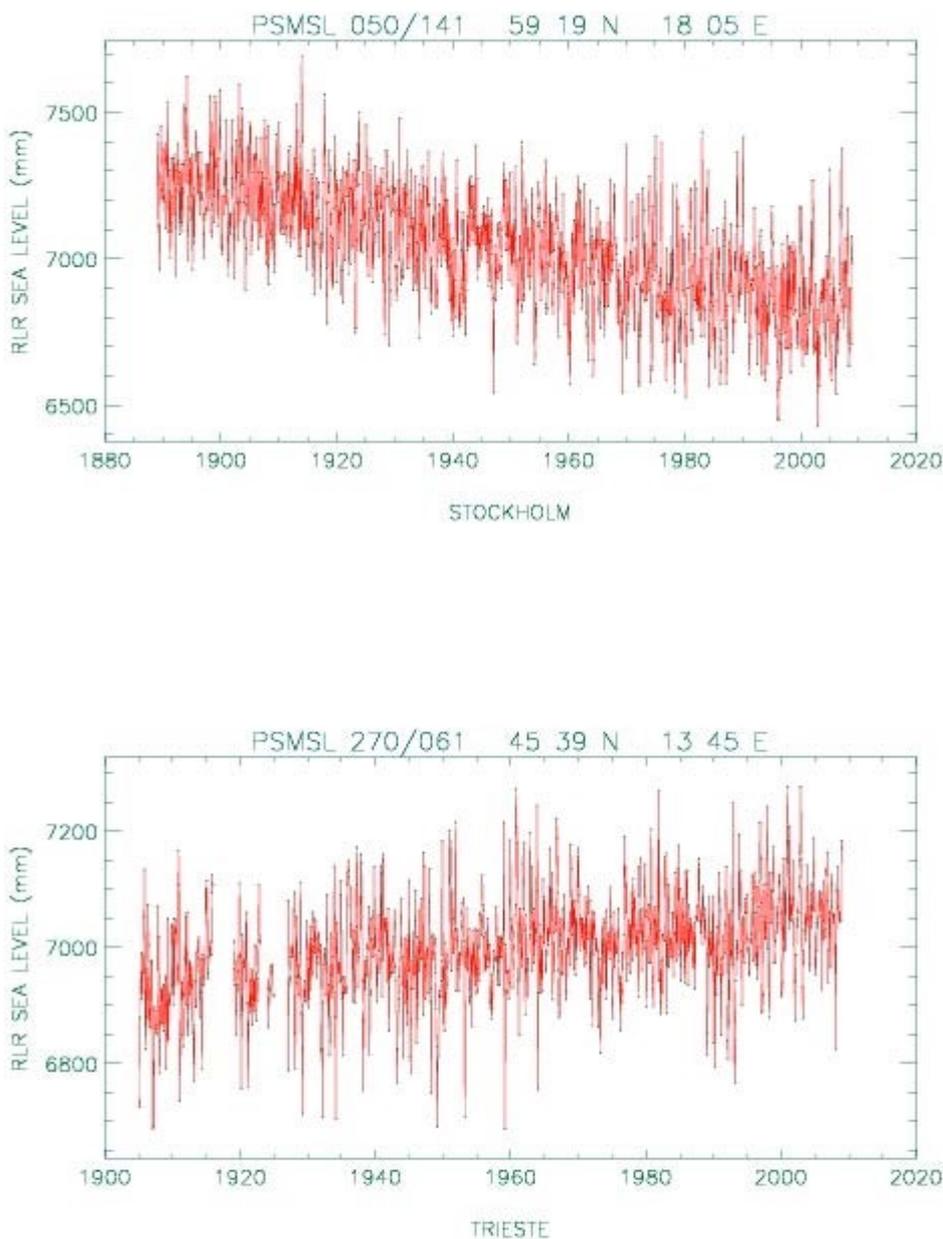


Abbildung 53: linkes Bild monatlicher RSL von Stockholm Schweden mit sehr langer Messdauer (1888 – 2008) und einem Abfall von 460 mm, d.h. ca. $-3,4\text{mm/Jahr}$. Rechtes Bild Triest Italien, ebenfalls mit langer

Messdauer. Der Anstieg betrug von 1905 bis 2008 ca. 130 mm oder ca. 1,26 mm/Jahr.

Besondere Aufmerksamkeit erfuhren in den letzten Jahren die Pegelveränderungen an den ca. 1200 Inseln umfassenden Malediven und auf der Insel Tuvalu im indischen Ozean. Weil diese Inseln so flach über dem Wasserspiegel liegen, wird befürchtet, dass sie als erste von der prognostizierten Erhöhung des GMSL betroffen sein würden. Diese Befürchtung konnte jedoch durch Messungen vor Ort nicht bestätigt werden, wie die Abbildung 54 des Pegels des Funafuti Atolls in Tuvalu zeigt. Im Mittel kann man dort wohl eher eine leichte Absenkung erkennen, als eine Erhöhung.

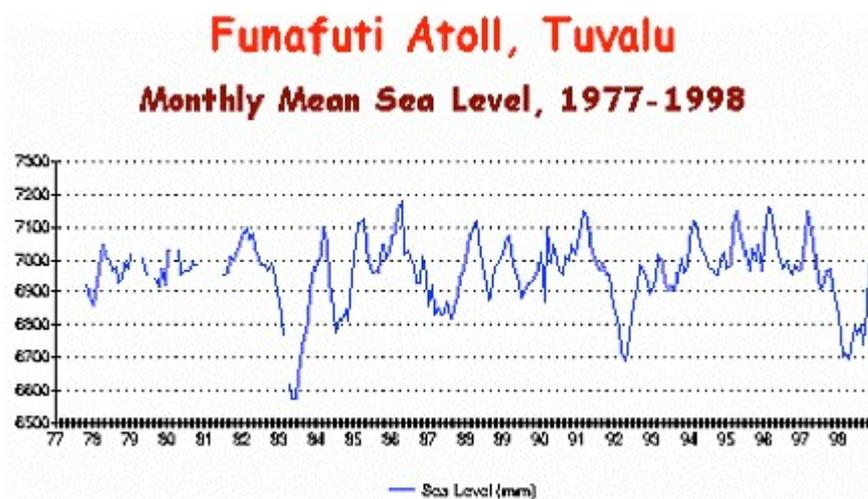


Abbildung 54: Verlauf des RSL in Tuvalu für die Zeit

1978 bis 1998

Noch ausgeprägter ist dieser Sachverhalt bei der Inselgruppe der Malediven. Diese Inselgruppe besteht aus ca. 1200 Inseln und erstreckt sich über 8 Breitengrade von -1° Süd bis $+7^\circ$ Nord. Unter Leitung des Paleogeophysikers und Meeresspiegelexperten N.-A. Mörner, untersuchte die INQUA beginnend 1999 (Die INQUA Commission on Sea Level Changes and Coastal Evolution, umfasste zeitweise um die 300 Experten) die dortige Situation. Sie fanden, durch Vermessung und morphologische Untersuchungen, heraus, dass sich der dortige RSL in den letzten 30 (bis evtl.) 50 Jahren um 20 bis 30 cm (!) gesenkt hatte, obwohl vom IPCC (TAR 2001) das Gegenteil erwartet worden war. Mörner [Mörner, 2004]. führt diese überraschende Senkung auf zunehmende Verdunstung im indischen Ozean zurück. Eine neuerliche, ebenfalls von Mörner durchgeführte, Überprüfung der Pegeldata fand außerdem für die Zeit von 1990 bis 2002 keinerlei Anzeichen für eine Veränderung auf den Malediven. Weder eine Erhöhung noch eine Absenkung. Dies läuft erneut den Prognosen des IPCC und anderer zuwider. Dem Ergebnis von Mörner widersprechen Church et. al [Church, 2006]. In ihrer Untersuchung gelangen sie zu einem Trend für 1950 bis 2001 von $+2$ mm/Jahr (von 6 Pegelmessern: ursprüngliche 1,4

mm/Jahr wurden auf 2,0 mm/Jahr korrigiert), und sogar von + 4 mm/Jahr für die Region von 40°S to 40°N, 30°E to 120°W für die Zeit von 1993 – 2001.

Die Unterschiede der Ergebnisse beider Forscher machen einmal mehr deutlich, wie schwierig es ist, auf Grund weniger und unsicherer Daten, zu hinreichend genauen, übereinstimmenden Berechnungen lokaler RSL und noch mehr des GMSL, zu kommen. Für die Einordnung der Ergebnisse ist es evtl. hilfreich die Arbeitsweise beider Forscher(gruppen) zu vergleichen. Während Church et. al es vorziehen, die Daten der verwendeten Pegelstationen mathematisch, statistisch zu interpretieren, dann anhand von bestimmten Modellvorstellungen zu korrigieren, auch mit einer Korrektur des barometrischen Druckes^[3], wie sie betonen, und daraus ihre korrigierten Trendberechnungen abschätzen, ordnet Mörner diese Datenreihen nur als eine von mehreren Eingangsgrößen ein [Mörner, 2008].^[4] Er und seine Gruppe verwendeten viel Zeit und Aufwand für die Erfassung zusätzlicher Daten morphologischer, sedimentologischer, biologischer und historischer Art. Daraus, und aus den Pegelmessungen leitet sie ihre Schätzungen ab. In Anbetracht der guten naturwissenschaftlichen Tradition, Thesen und Theorien aus nachprüfbaren Beobachtungen zu entwickeln, sicher eine gute Entscheidung.

Unterstützt werden Mörners Beobachtungen durch den besonderen Fall der „Isle of Dead“ [Daly, 2000], einer Insel innerhalb des Hafens von Port Arthur (40 Meilen von Hobarth Town) Tasmanien. Hier fand man vor kurzem eine offizielle NN Einkerbung in einem Uferfelsen. Sie wurde nach Maßgabe der britischen Admiralität, zur Kennzeichnung des damaligen Nullpegels im Jahre 1841 erstellt und dort in den Granitfelsen eingekerbt. Ausführende waren der Amateurforscher und Ladenbesitzer Thomas Lempriere, sowie der britische Forscher Captain James Clark Ross. Sie hielt den mittleren Pegel jener Zeit fest. Derzeit befindet sich diese offizielle Marke ca. 35 cm **über** dem heutigen Pegel. Dieser Fund zeigt, dass sich der RSL dort seit dieser Zeit abgesenkt haben muss. Wie weit, und was zwischendurch geschah, haben Forscher inzwischen versucht zu klären. In Ihrem Bericht stellte Hunter et. al [Hunter, 2003] auf Grund dieses Fundes und nach Vergleich der Daten mit den Beobachtungen in Port Arthur von 1875-1905 und 1999-2002 fest, dass man insgesamt **einen Anstieg** des RSL von $0,8 \pm 0,2$ mm/Jahr ermitteln könne. Dieser wäre durch eine Volumenvergrößerung der Wassermenge der Ozeane von $1,0 \pm 0,3$ mm/Jahr für die gleiche Periode verursacht worden. Sie schrieben: *„historic and modern records from Port Arthur, Tasmania, cover the longest time span of any sea level observations in the Southern Hemisphere and are related to a single benchmark,“* und weiter *„they provide a significant contribution to our knowledge of past sea level rise in this data-sparse region.“* Und ferner *„(they) are at the lower end of the recent estimate by the Intergovernmental Panel on Climate Change on global average rise for the 20th century.“* Es bleibt daher ungeklärt, warum der RSL dort, zur Zeit der Markierung, um ca. 35 cm höher lag als heute. Dem postulierten Anstieg, müsste doch zuvor eine deutliche Absenkung vorausgegangen sein. Weiterer Untersuchungsbedarf

scheint gegeben.

4.3. Die wesentlichen Einflussgrößen für den Meeresspiegel.

Das IPCC hat stets dem Anstieg des GSML eine besondere Bedeutung zugemessen. In einer Grafik aus dem SPM wird für Nichtfachleute dargestellt, welchen prinzipiellen Einflüssen der GSML unterliegt.

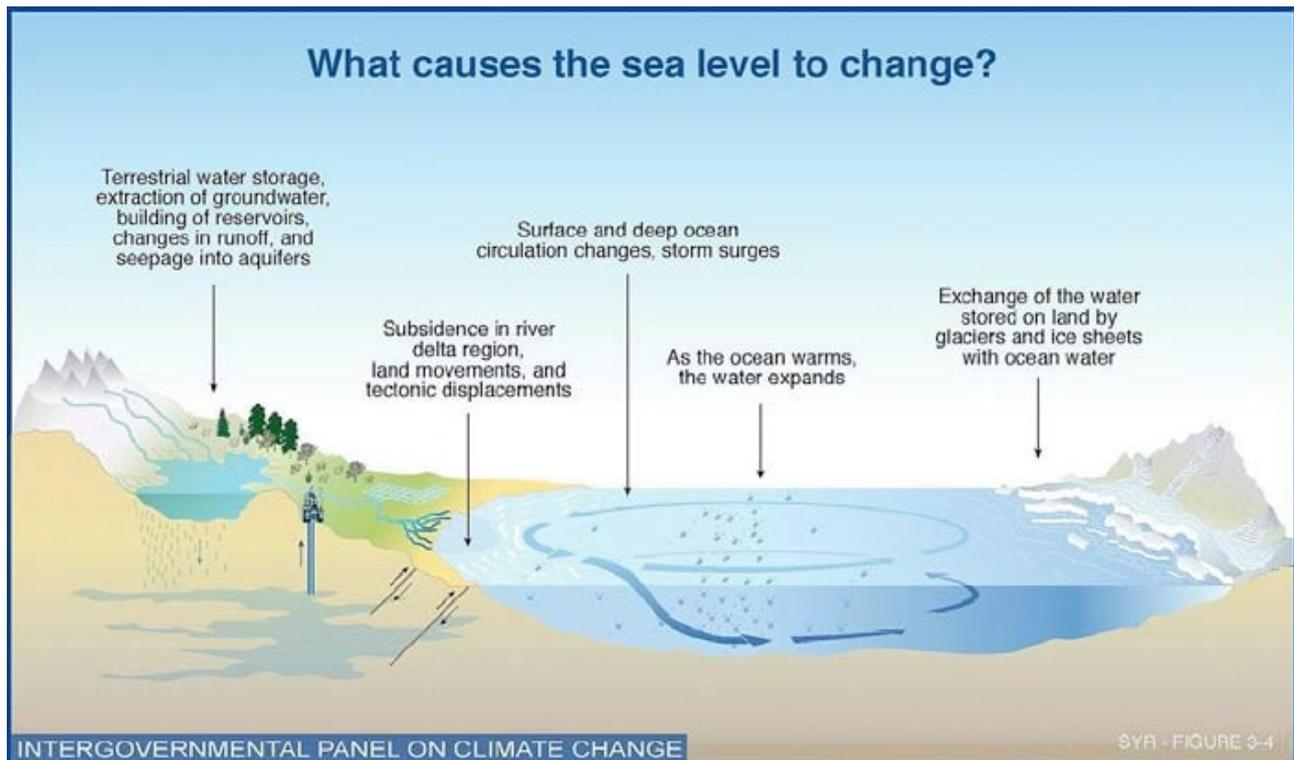


Abbildung 55: zeigt welche Ursachen nach Meinung des IPCC die Veränderungen beim GSML bewirken. Von links nach rechts: Wasserspeicherung in Binnengewässern, Entnahme von Grundwasser und Einspeisung in

Aquifere, Absenkung in DeltaRegionen durch sedimentäre Kompaktion, tektonische Bewegungen, Änderungen der ozeanischen Zirkulation, Ausdehnung durch Erwärmung, Zufuhr von Wasser, das in Eisdecken und Gletschern gebunden war. Nicht erwähnt u.a.: postglaziale isostatische Hebungen (PGR/GIA), lokale anthropogen bedingte Absenkungen durch Auflasten (Städte, Piers).

Die Abbildung 55 zeigt einige, aber nicht alle, wesentlichen Einflüsse auf RSL und GSML. Nicht erwähnt u.a. sind: postglaziale, isostatische Hebungen (PGR/GIA), lokale, anthropogen bedingte Absenkungen durch Auflasten (Städte, Piers).

Um die einzelnen Einflüsse ursächlich zu charakterisieren, wurden diese verschiedenen Größen von der Fachwelt verschiedenen Prozessen

zugeordnet.

Diese haben: eustatische, sterische und isostatische Auswirkungen.

Eustatisch nennt man die Einflüsse, die sich global auf den Meeresspiegel auswirken. Sie können einmal klimatische Ursachen haben, welche die Masse des ozeanischen Wassers beeinflussen, wie z.B. Eisschmelze und Niederschlag, zum anderen plattentektonische Ursachen, die eine Änderung der Form und damit des Aufnahmevermögens der Ozeanbecken bewirken. Plattentektonische Prozesse haben charakteristische Raten von einigen cm/Jahr.

Sterische Einflüsse sind diejenigen, die sich auf die Dichte und damit das Volumen des Wasserkörpers selbst auswirken, wie z.B. Temperatur und Salinität.

Isostatische Einflüsse sind diejenigen die sich aus Vertikal-Bewegungen von Landmassen, z.B. durch Be- und Entlastung von Inlandeis, ergeben (GIA/PGR Effekt). Sie haben keine Auswirkungen auf das Volumen des Wasserkörpers. Als Sonderfall werden häufig Krustenverschiebungen und andere tektonische Verschiebungen erwähnt. Auch sie haben bedeutende Auswirkungen auf RSL und somit GMSL.

Über die Ursachen von Meeresspiegelschwankungen findet sich in der Literatur^[5] auch die Aufteilung in **Klimatische Ursachen: glazio-eustatische** Meeresspiegelschwankungen, die durch das Klima (also durch eine Veränderung des Meerwasservolumens) ausgelöst werden,

und

Tektonische Ursachen: tektono-eustatische Meeresspiegelschwankungen; deren Ursache in Erdkrustenbewegungen liegt, die eine Änderungen der Form von Ozeanbecken zur Folge haben.

Sie sind allerdings in der Praxis oft nur sehr schwer auseinander zu halten. Die zuvor definierten Ursachen beschreiben die Autoren der UNI Stuttgart wie folgt (auszugsweise):

Klimatische Ursachen: glazio-eustatische Meeresspiegelschwankungen

Schnelle Meeresspiegelschwankungen sind meistens glazio-eustatische Schwankungen; sie können Veränderungsrate bis zu 10 m pro 1 000 Jahren aufweisen und zeigen damit an, dass klimatische Systeme kollapsartig zusammenbrechen können. Die Steuerung solcher „hochfrequenten“ Meeresspiegelschwankungen im Bereich von Zyklen 5. Ordnung kann vielfältige Ursachen haben:

- *kurzfristige Änderungen der Solarkonstante (die am wenigsten wahrscheinliche Ursache); autozyklische Prozesse innerhalb der*

Hydrosphäre bzw. Wechselwirkungen zwischen Hydrosphäre, Kryosphäre und Atmosphäre;

- *Veränderungen der Erdbahnparameter (Zyklen >20000 und <400000 Jahre, so genannte Milankovitch-Zyklen, führt man auf solche astronomische Ursachen zurück;*
- *Zwischenspeicherung von Wasser in großen Seen (die Triaszeit beispielsweise war eine Zeit gigantischer Seen).*
- *Bei allen Zyklen höherer Ordnung (also >1 Million Jahre) sind andere als glazieustatische Ursachen zunehmend stärker beteiligt.*

Tektonische Ursachen: tektono-eustatische Meeresspiegelschwankungen

Formveränderungen von Ozeanbecken oder Änderungen im Schwimmgleichgewicht der Kontinente liegen plattentektonische Ursachen zugrunde. Sie haben ebenfalls Meeresspiegelschwankungen zur Folge. Diese „tektono-eustatischen“ Meeresspiegelschwankungen zeigen meistens Zyklen im Bereich der 2. bis 4. Ordnung.

Als Ursachen kommen in Frage:

- *Änderungen in der Neubildungsrate der Ozeankruste (Spreizungsrate der mittelozeanischer Rücken) unterliegen langfristigen Schwankungen zwischen den Extremwerten 0 und 20 cm pro Jahr; sie erzeugen Zyklen eustatischer Meeresspiegelschwankungen der 1. Ordnung.*
- *Änderungen im Schwimmgleichgewicht der Kontinente können sich folgendermaßen ergeben:*

o „passive“ Kontinentalränder, die mechanisch mit alter, kalter, und deshalb tief liegender Ozeankruste verbunden sind und randlich durch diese herabgezogen werden (Beispiel: die Kontinentalränder, die den Atlantik säumen). Die Absenkungsraten solcher passiven Kontinentalränder ändern sich reziprok zur

Spreizungsrate des zugehörigen mittelozeanischen Rückens; o durch Änderungen des Kraftschlusses zwischen verschluckter und überschobener Platte an so genannten konvergenten Plattenrändern (darunter versteht man alle Plattenränder, an denen sich Platten in der Vertikalen aneinander vorbeibewegen, also Inselbögen und aktive Kontinentalränder)
o durch Änderungen der Einspannungsverhältnisse (z.B. konvergierende Stressfelder) können ganze Kontinente vorübergehend über ihre normale

Schwimmgleichgewichtsposition hinaus hochgehalten werden. Afrika beispielsweise ist ein Kontinent, der fast nur von Divergenzrändern (ozeanischen Spreizungszonen) umgeben ist; der ganze Kontinent liegt deshalb mehr als 100 m über seiner „normalen“ isostatischen Position.

Diese und andere tektonischen Ursachen führen nach heutigem Wissen zu horizontalen Plattenbewegungen [Monroe 2005] mit Geschwindigkeiten von bis zu > 15 cm/Jahr. Sie haben (allerdings weitgehend unbekannt)

vertikale Komponenten und dürften daher einen wesentlichen, wenn nicht sogar dominanten, Anteil an den beobachteten RSL Veränderungen haben. Welche genau, ist aber (noch) nicht bekannt.

Zu den einzelnen o.a. Prozessen, in der Aufteilung, eustatisch, sterisch und isostatisch, wird im Folgenden ausführlicher Stellung genommen. Die entsprechenden geologischen Ursachen werden, soweit möglich und nötig, benannt und zugeordnet.

Wird fortgesetzt.

Diese ist ein Teil der Dissertation vom Autor, welche die Universität – nach Gerichtsentscheidung vom September 2011 als nicht eingereicht betrachtet hatte. Teil 1 finden sie hier

1. <http://www.pol.ac.uk/> Das PMSL zeigt sowohl die Rohdaten (metric files) als auch die REVISED LOCAL REFERENCE RLR Daten, die auf ein gemeinsames Referenzdatum bezogen sind. Soweit nicht anders angegeben, werden diese Daten gezeigt. Im Begleittext wird dazu erläutert: *„The RLR datum at each station is defined to be approximately 7000mm below mean sea level, with this arbitrary choice made many years ago in order to avoid negative numbers in the resulting RLR monthly and annual mean values“*. ↑
2. Die hier verwendeten Daten sind „Metric“ lt. PSML Klassifizierung, d.h. nicht der RLR Prozedur von -7000 mm- unterzogen. Sie sind jedoch auf den Amsterdamer Pegel bezogen, und können daher für die säkulare Differenzbetrachtung verwendet werden... *„There are, however, some ‚Metric only‘ records which almost certainly can be used for time series work, even though the PSMSL does not have full benchmark datum histories. These include, in particular, all Netherlands ‚Metric‘ data, the records of which are expressed relative to the national level system Normaal Amsterdamsch Peil (NAP)“*. (Quelle: <http://www.pol.ac.uk/psmsl/datainfo/psmsl.hel>) ↑
3. Weil die dafür benötigten Daten nicht als Mess-Protokolle vorlagen verwendeten sie die errechneten Modelldaten nach Kistler s (2004) NCEO-NCAR 50 „reanalysis“ ↑
4. Auszug... *where we realize that the tide gauges quite frequently are installed in unstable local position, and I quote (from Moerner et al., 2004): „Tide gauge records, however, do not provide simple and straight-forward measures of regional eustatic sea level. They are often (not to say usually) dominated by the effects of local compaction and local loading subsidence.“* ↑
5. Die folgenden Zitate sind dieser Website entnommen. Siehe z.B. Uni Stuttgart Geologie: http://www.geologie.unistuttgart.de/edu/msp/msp_pop2.html# ↑