

AR6 und Meeresspiegel, Teil 2: Die Komplexität der Messung des Meeresspiegels

geschrieben von Chris Frey | 26. März 2022

[Andy May](#)

Thomas Frederikse und Kollegen veröffentlichten eine Studie über Meeresspiegel­daten, die sowohl Gezeitenpegel als auch Satellitendaten im Jahr 2020 berücksichtigt (Frederikse, et al., 2020). Diese Arbeit wird häufig in der Diskussion über den Meeresspiegel in Kapitel 9 des AR6 zitiert. Darin wird festgestellt, dass es viele Ursachen für globale und regionale Änderungen des Meeresspiegels gibt, die berücksichtigt werden müssen. In weiten Teilen der nördlichen Hemisphäre erholen sich die Böden noch immer vom Abschmelzen der massiven Gletscher, die sie während des letzten glazialen Maximums getragen haben. Dies führt dazu, dass viele nördliche Gezeitenpegel einen sinkenden Meeresspiegel anzeigen, während das Land ansteigt. Außerdem hat der Bau von Staudämmen im 20. Jahrhundert dazu geführt, dass den Ozeanen Wasser vorenthalten und in Stauseen an Land gespeichert wurde, insbesondere zwischen 1960 und 1980. Sie sagen uns auch, dass frühere Bewertungen des Meeresspiegels nicht in der Lage waren, die Beobachtungen mit den berechneten Beiträgen von Eismassenverlust, Dammbau und thermischer Ausdehnung des Wassers in Einklang zu bringen. Wie in [Teil 1](#) dieser Serie erwähnt [in deutscher Übersetzung beim EIKE [hier](#)], sind die beobachteten Veränderungen des Meeresspiegels sehr gering, so dass dies nicht überraschend ist. Die jährlichen Veränderungen liegen unterhalb der Messgenauigkeit der Instrumente.

Die Beobachtungen des Meeresspiegels, der Ozeantemperatur, des Eismassenverlusts, des in künstlichen Stauseen gespeicherten Wassers und der gesamten Abflüsse in die Ozeane sind allesamt mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, weshalb es den Studien nicht gelungen ist, die Lücke zwischen den Beobachtungen zu schließen. Frederikse und Kollegen unternehmen einen weiteren Versuch, diese Lücke zu schließen. Sie stellen fest, dass in den letzten Jahren sehr viel genauere Schätzungen für alle kritischen Beobachtungen zur Verfügung gestellt wurden, und fassen diese in einer neuen Schätzung zusammen.

Ihre beste Schätzung für den beobachteten Trend des Meeresspiegelanstiegs von 1900 bis 2018 beträgt $1,56 \pm 0,33$ mm/Jahr, was einem Fehler von ± 20 % entspricht. In Teil 1 haben wir unter Verwendung der NOAA-Meeresspiegel-Aufzeichnungen eine Steigung von 1,74 mm/Jahr mit einem R^2 von 0,97 ermittelt; dieser Wert liegt innerhalb der von Frederikse und Kollegen angegebenen 90%-Konfidenzgrenzen. Die geschätzte beobachtete Veränderung des Meeresspiegels ist in Abbildung 1 dunkelblau

dargestellt. Die Summe der Komponenten der Meeresspiegeländerung ist in Schwarz dargestellt. Zum Vergleich sind auch die beiden Hauptkomponenten der Meeresspiegeländerung dargestellt. Barystatische Veränderungen (Volumen des Ozeans ohne thermische Ausdehnung) sind in rot dargestellt, thermostatische (Volumenveränderungen des Ozeans aufgrund thermischer Ausdehnung) in orange. Alle Kurven sind auf ihre Mittelwerte von 2002 bis 2018 zentriert. Vor allem aufgrund des Zentrierungszeitraums sieht die Übereinstimmung der Komponentensumme mit den Meeresspiegelbeobachtungen im 21. Jahrhundert gut aus. Vor 1990 ist sie nicht sehr gut, aber sowohl die Summe als auch die Beobachtungen stimmen innerhalb ihrer jeweiligen Fehlermarge überein. Die Unsicherheit des beobachteten Meeresspiegels vor 1990 beträgt im Allgemeinen mehr als ± 10 mm; vor 1960 beträgt sie mehr als ± 15 mm. Vor 1940 beträgt sie mehr als ± 20 mm.

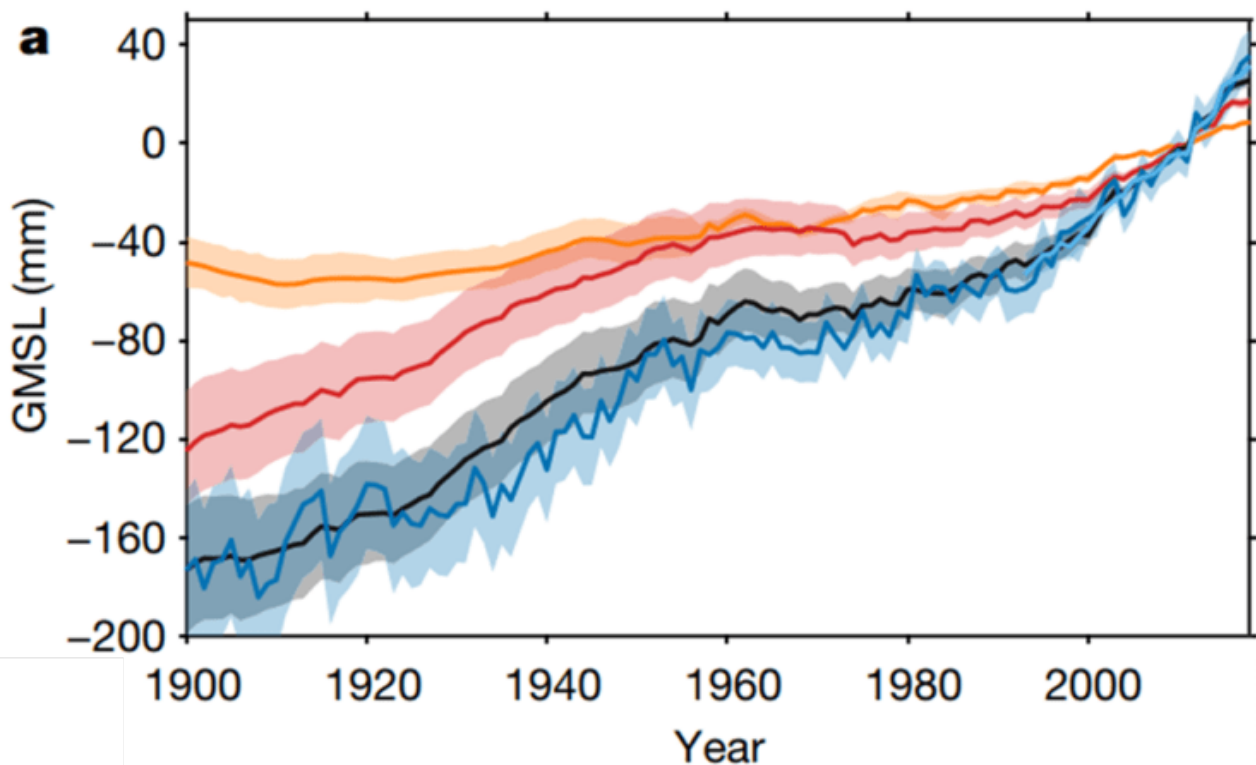


Abbildung 1. Die Schätzung des Meeresspiegels von Frederikse et al. für den Zeitraum von 1900 bis 2018 ist in blau dargestellt und mit der Summe seiner Schätzung der barystatischen und thermostatischen Veränderungen in schwarz verglichen. Die barystatische Veränderung ist in rot und die thermostatische in orange dargestellt.

Die in der Studie untersuchten Teilkomponenten der barystatischen Veränderungen sind: Gletscherschmelze, Schmelzen des grönländischen und des antarktischen Eisschildes und terrestrische Wasserspeicherung (einschließlich des Baus neuer Staudämme und der Erschöpfung des Grundwassers). Thermostatische Veränderungen werden anhand von Messungen der Temperatur des Meeresuntergrunds geschätzt. Frederikse et al. versuchen, die Gesamtsumme der Komponenten mit den von Satelliten und

Gezeitenmessern gemessenen Veränderungen des Meeresspiegels mit Hilfe eines Modells in Einklang zu bringen und finden eine bescheidene Übereinstimmung innerhalb der jeweiligen Fehlermargen.

Die Ergebnisse seiner Studie erhöhen die bisherigen Schätzungen des Anstiegs des globalen mittleren Meeresspiegels (GMSL) in den 1960er und 1970er Jahren, nachdem die Auswirkungen des Dammbaus ausgeschlossen wurden. Sein Modell erhöht auch die Unsicherheit vor 1940. In den 1920er und 1930er Jahren ist die Übereinstimmung ziemlich schlecht, und auch der steile Anstieg des Meeresspiegels von 1930 bis 1950, der fast so schnell verläuft wie im 21. Jahrhundert.

Die Unsicherheit der GMSL-Rate verringert sich zwar für den Zeitraum 1993 bis 2018, beträgt aber immer noch mehr als $\pm 0,4$ mm/Jahr, wie in Abbildung 2 dargestellt. Beide Abbildungen sind ein Teil von Frederikse et al.'s Abbildung 1. Abbildung 2 zeigt die 30-jährige Änderungsrate seiner Modelle für barystatische und thermosterische Änderungen in rot bzw. orange und ihre Summe in schwarz. Diese werden mit der beobachteten 30-jährigen Veränderungsrate in Blau verglichen. Es wird deutlich, dass die Anstiegsrate des Meeresspiegels auf einer multidekadischen Skala oszilliert und in den 1940er Jahren innerhalb der Fehlermarge wahrscheinlich genauso schnell anstieg wie heute.

In Abbildung 2 sind die schattierten Bereiche die 90 %-Konfidenzintervalle. Das Diagramm zeigt die Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs in mm/Jahr. Die Zeiträume, in denen die Beobachtungen (blau) und das Modell (schwarz) nicht übereinstimmen, sind in Abbildung 2 deutlicher zu erkennen. Besonders schlecht ist die Übereinstimmung in den Jahren 1915 bis 1950. Die rasche Verlangsamung der Anstiegsrate zwischen 1950 und 1965 wird überhaupt nicht gut wiedergegeben. Der rasche Anstieg von 1990 bis 2005 ist nur geringfügig besser als in den anderen Zeiträumen.

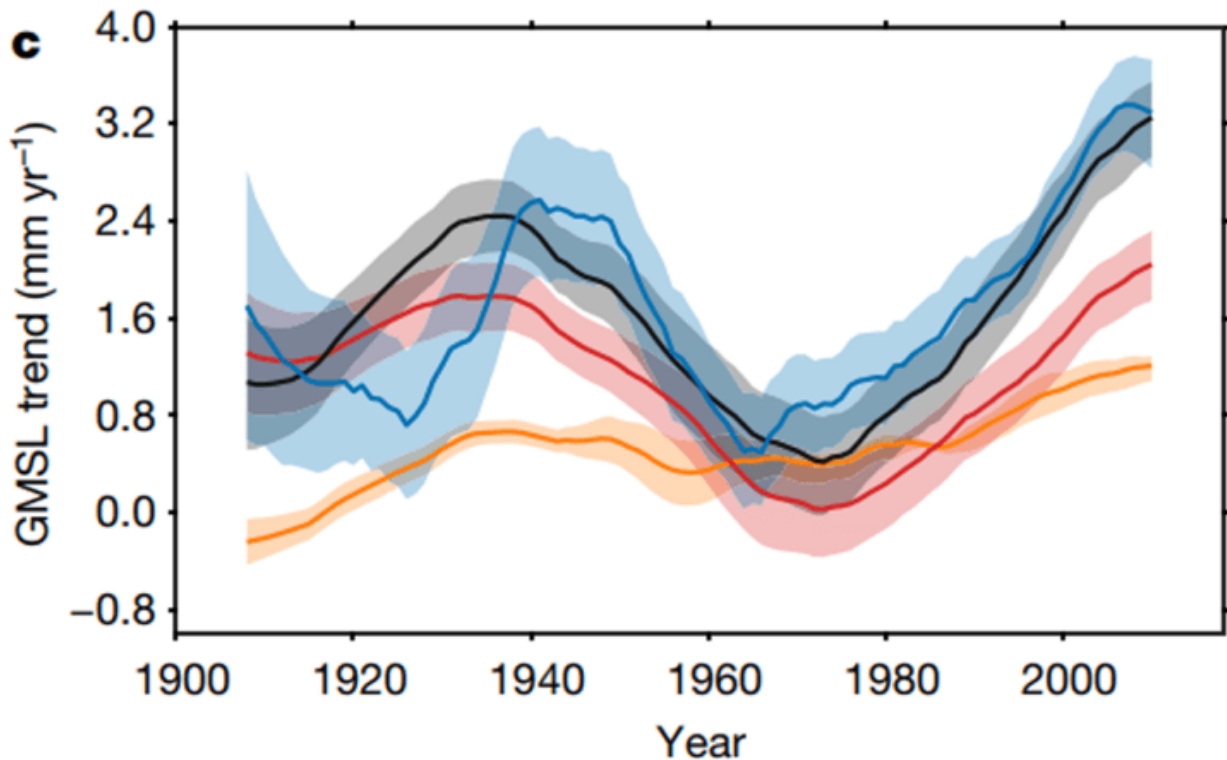


Abbildung 2. Die Kurven sind wie in Abbildung 1 eingefärbt, doch handelt es sich hier um ein Diagramm der 30-jährigen Änderungsrate des Meeresspiegels, die auf thermostatische und barystatische Veränderungen zurückzuführen ist (orange bzw. rot). Die schwarze Kurve ist die Summe der beiden Kurven, die blaue Kurve ist die beobachtete Veränderung des Meeresspiegels, die schattierten Bereiche sind die 90%-Konfidenzintervalle.

Das Modell von Frederikse et al. weist eine Gesamtunsicherheit von mindestens einem halben mm/Jahr auf (siehe schwarze Schattierung in Abbildung 2), und die Unsicherheit in den Daten (blaue Schattierung) ist noch größer. Abbildung 2 ist unsicher, aber die etwa 60-jährige Oszillation ist signifikant und entspricht normalen langfristigen Ozeanoszillationen, wie sie von Wyatt und Curry beschrieben werden [1]. Die Stadienwelle von Wyatt und Curry ist [hier](#) in den Abbildungen 8 und 9 zu sehen. Ihr etwa 60-jähriger Zyklus kann in einen 30-jährigen Erwärmungszyklus und einen 30-jährigen Abkühlungszyklus unterteilt werden. In ihrer Analyse war 1918 bis 1942 eine Erwärmungsperiode und 1942 bis 1976 eine Abkühlungsperiode, was recht gut zu den in Abbildung 2 dargestellten Daten passt.

Kombiniert man die Analyse von Wyatt und Curry mit der von Frederikse et al. können wir erkennen, dass die Schwankungen der Meeresspiegelanstiegsraten im 20. Jahrhundert wahrscheinlich zum Teil auf natürliche Ozeanschwankungen zurückzuführen sind. Die Erde ging 1976 in eine natürliche Erwärmung über, die wahrscheinlich Anfang des 21. Jahrhunderts, vielleicht um 2005, endete und dann in eine Abkühlung überging. Nach Abbildung 2 zu urteilen, scheint es möglich, dass die

scheinbare Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs von Ende der 1980er Jahre bis etwa 2005 lediglich eine Wiederholung der Beschleunigung von etwa 1925 bis Anfang der 1940er Jahre war. Selbst wenn dies nicht der Fall sein sollte, sind die in den Abbildungen 1 und 2 gezeigten Daten nicht genau genug, um zu dem Schluss zu kommen, dass sich der Anstieg des Meeresspiegels insgesamt beschleunigt; vielmehr ist es möglich, dass sich der Anstieg des Meeresspiegels in naher Zukunft verlangsamen wird.

Die statistischen Methoden, die im AR6 verwendet wurden, um die Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs nachzuweisen, waren recht grob, wie in Teil 1 erläutert. Es wurden einfach Daten herausgepickt und mit Hilfe der kleinsten Quadrate angepasst, um die Beschleunigung zu schätzen. In diesem Teil zeigen wir, dass der Fehler bei der Schätzung des Meeresspiegelanstiegs und seiner Komponenten so groß ist, dass es wahrscheinlich nicht möglich ist, die Beschleunigung definitiv nachzuweisen. Im nächsten Beitrag werden wir die Probleme mit diesem Ansatz erörtern und eine statistisch fundiertere Projektion der Anstiegsrate des Meeresspiegels erstellen.

The bibliography can be downloaded [here](#).

1. *(Wyatt & Curry, Role for Eurasian Arctic shelf sea ice in a secularly varying hemispheric climate signal during the 20th century, 2014) and (Wyatt, The "Stadium Wave", 2014)*

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2022/03/21/ar6-and-sea-level-part-2-the-complexity-of-measuring-gmsl/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE