

ARGO und der ozeanische Wärmegehalt

Abbildung 1 (rechts): Operation ARGO-Bojen: Es gibt etwa 3500 Bojen in den Ozeanen, und insgesamt rund 10.000 Bojen waren während des Zeitraumes der Operation im Einsatz.

In dieser Präsentation gab es viele interessante Dinge. Das erste hat mich total überrascht. Wir hören immer wieder, dass sich die Wärme im Ozean „versteckt“. Was ich aber nicht wusste, den ARGO-Bojen zufolge gab es die gesamte Erwärmung nur in den Südlichen Ozeanen außerhalb der Tropen, während sich sowohl die Tropischen Ozeane als auch diejenigen der Nordhemisphäre tatsächlich abkühlen ... man nenne mich darob verwirrt.

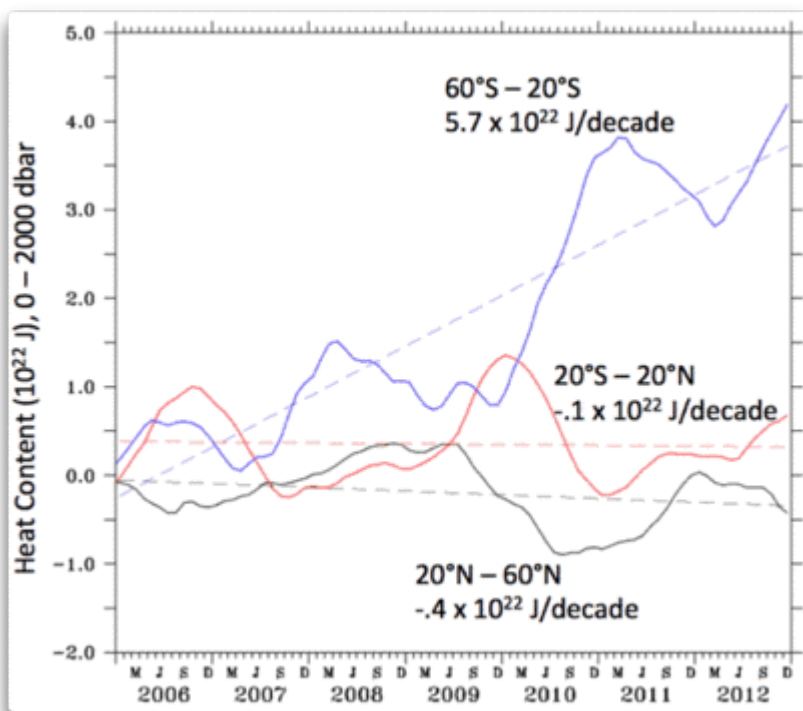


Abbildung 2: Änderung des ozeanischen Wärmegehaltes in verschiedenen Zonen. Einheiten sind 10^{22} Joule. Graphik aus der oben verlinkten Präsentation

Was zeigt dies? Ich bin sicher, ich weiß es nicht ... aber ich bezweifle sehr stark, dass irgendeines der Klimamodelle diese komische Kombination von Erwärmung und Abkühlung abbildet.

Am interessantesten jedoch fand ich eine Graphik der globalen Änderung des ozeanischen Wärmegehaltes während dieses Zeitraumes. Diese Graphik sieht so aus:

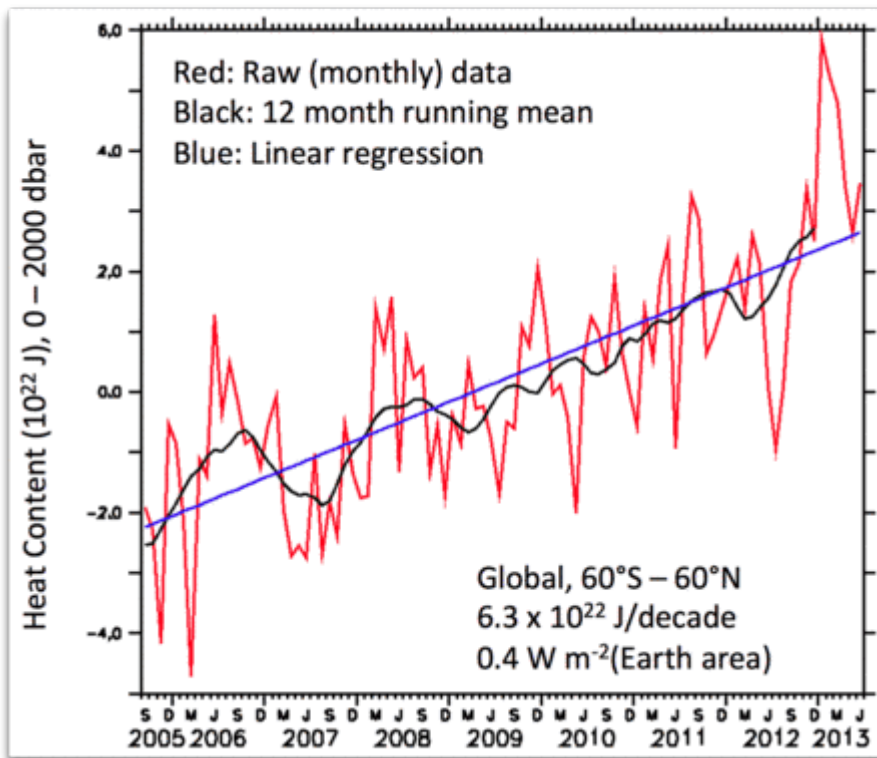


Abbildung 3: Globale Änderung des ozeanischen Wärmegehaltes (OHC) seit der vollständigen Ausbringung der ARGO-Bojen. Daten von der Wasseroberfläche bis in Tiefen von etwa 2000 Metern.

Ich war traurig, darin alles Mögliche gesehen zu haben. Erstens, dies sind die Daten, aus denen die monatlichen Mittelwerte (die „Klimatologie“) entfernt worden sind. Ich bevorzuge die Rohdaten, so dass ich jahreszeitliche Verteilungen betrachten kann. Zweitens, der Präsentation fehlen Fehlerbalken ... aber Not kennt kein Gebot. Also benutze ich die mir zur Verfügung stehenden Daten. Diese habe ich digitalisiert, so dass ich sie selbst analysieren konnte.

Als Erstes wollte ich die Daten betrachten, die vertrautere Einheiten aufwiesen. Ich meine, niemand weiß, was 10^{22} Joule in den oberen 2 Kilometern des Ozeans bedeuten. Also habe ich die Daten von Joule in $^{\circ}\text{C}$ konvertiert. Die Konversion geht so: Man braucht 4 Joule, um ein Gramm Meerwasser um 1°C zu erwärmen (oder 4 Megajoule pro Tonne pro Grad). Als weitere Informationen braucht man die Menge des Ozeanwassers über 2000 Metern Tiefe, also 0,65 Milliarden Kubikkilometer, und dass Meerwasser etwa 1,033 Tonnen pro Kubikmeter wiegt.

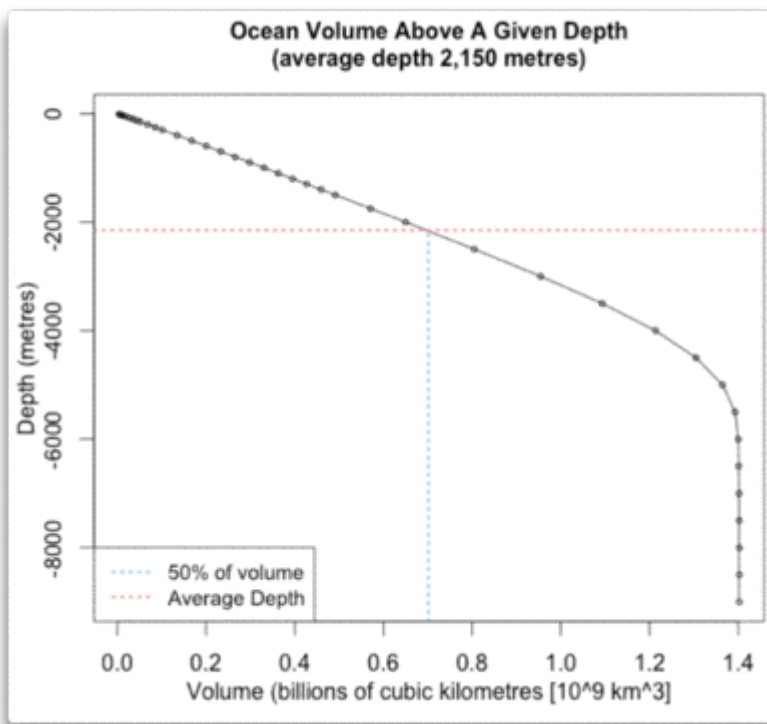


Abbildung 4: Ozeanvolumen in Abhängigkeit von der Tiefe. Nur wenige Ozeanbecken sind tiefer als 5 km.

Mit diesen Informationen berechnete ich, was die Änderung des Wärmegehaltes hinsichtlich Änderung der Temperatur bedeutet. Hier folgt diese Graphik:

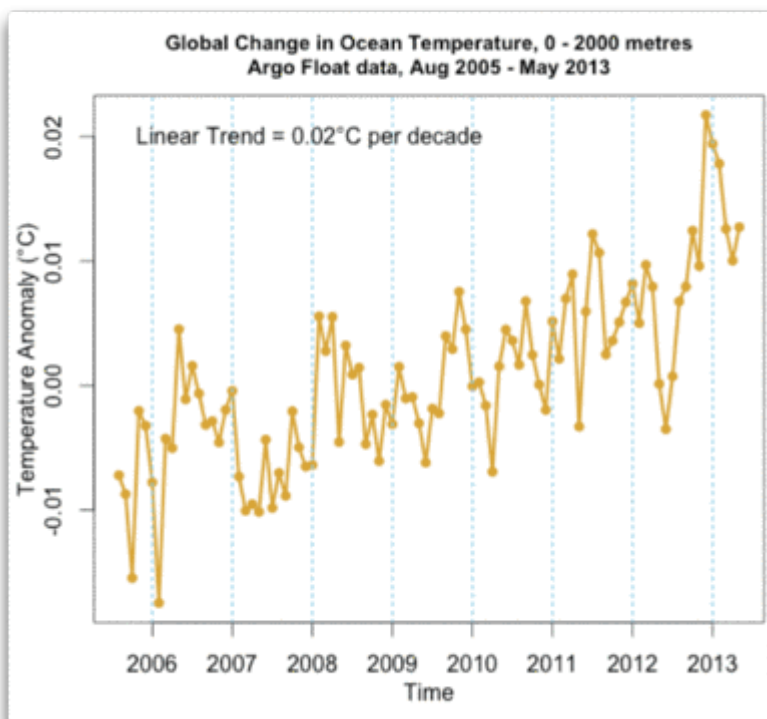


Abbildung 5: Änderung der Wassertemperatur von der Oberfläche bis etwa 2000 Metern Tiefe.

Eine Änderung von zwei Hundertstel Grad pro Dekade ... beruhige dich, mein schlagendes Herz! Unglücklicherweise kann ich keinerlei Fehlergrenzen bzgl. des Trends angeben, weil es in der Präsentation keine Fehlerbalken gab.

Hier möchte ich einen Exkurs machen, dessen Zweck gleich erkennbar werden wird. Ich wollte mir die CERES-Daten anschauen, also die von Satelliten gestützten Daten des Strahlungshaushaltes der Erde. Hier folgt die Änderung der „Gesamt-TOA-Strahlung“ Monat für Monat. Die Gesamt-TOA-Strahlung ist die Differenz zwischen einfallender Strahlung an der Obergrenze der Atmosphäre (TOA), die die Erde erreicht (Sonnenlicht) und der Abstrahlung an der TOA, die die Erde verlässt (reflektiertes Sonnenlicht plus thermische Infrarotstrahlung). Abbildung 6 zeigt diese Änderungen:

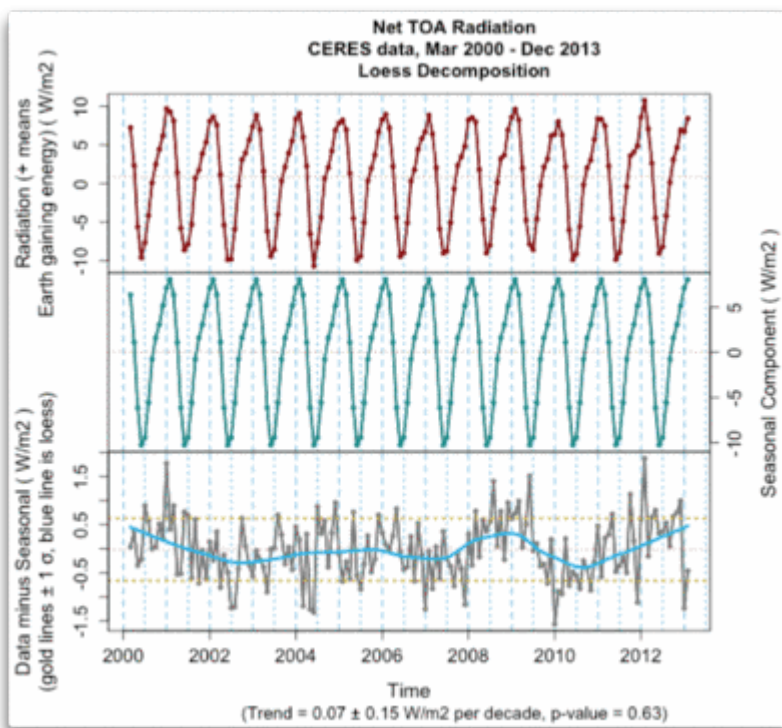


Abbildung 6: Aufteilung der Gesamt-TOA-Strahlung nach CERES in eine jahreszeitliche und eine verbleibende Komponente [residual component]. Einheiten sind W/m^2 . Die verbleibende Komponente (untere Graphik) zeigt die Rohdaten, wobei die monatlichen Mittelwerte (jahreszeitliche Komponente oder „Klimatologie“; mittlere Graphik) entfernt worden sind.

Nun, dies allein ist eine interessante Graphik. In der Gesamtstrahlung erkennt man die rund $20 W/m^2$ ausmachende jährliche Schwingung der Erde zur Sonne hin und von ihr weg. Im Januar steht die Erde der Sonne am Nächsten, so dass die Erde in dieser Zeit Energie gewinnt, die sie in der anderen Jahreshälfte wieder verliert. Zusätzlich erkennt man die erstaunliche Stabilität des Systems. Entfernen wir erst einmal die monatlichen Mittelwerte, variiert das Gesamt-TOA-Ungleichgewicht nur mit einer Größenordnung von \pm einem halben Watt pro Quadratmeter während der bislang 13 Jahre langen Aufzeichnung, ohne jeden statistisch signifikanten Trend ... erstaunlich.

Aber ich schweife ab. Grund für diesen Exkurs ist, dass die überschüssige, die Erde erreichende Energie (positive Werte) mit der Spitze im Januar fast vollständig im Ozean gespeichert wird und dann zurück kommt mit einer Ausstrahlungs-Spitze (negative Werte) im Juli. Wir wissen das, weil die Temperatur nicht dem Strahlungs-Ungleichgewicht folgt, und es gibt nirgendwo sonst eine ausreichend große und reaktionsfähige Möglichkeit, diese Menge Energie zu speichern und wieder freizusetzen.

Mit anderen Worten, die Gesamt-TOA-Strahlung ist ein anderer Weg, mit dem wir die monatliche *Änderung* des ozeanischen Wärmegehaltes messen können. Folglich können wir einen Quercheck mit den OHC-Darstellungen durchführen. Er wäre nicht exakt, weil ein kleiner Teil der Energie sowohl auf dem Festland als auch im Eis gespeichert und wieder freigesetzt wird ... aber der Hauptspeicher ist der Ozean. Also werden uns die CERES-Daten der Gesamt-TOA-Strahlung einen maximalen Wert für Änderungen der Ozeanspeicherung liefern, und zwar den Wert, den wir bei der Annahme bekommen, dass die gesamte Energie im Ozean gespeichert wird.

Alles, was wir also tun müssen, ist ein Vergleich der monatlichen Änderung des OHC minus der Klimatologie wie in Abbildung 1, wobei die monatliche Änderung der einfallenden Strahlung minus der Klimatologie die in der unteren Graphik von Abbildung 6 gezeigte ist ... außer dass beide in unterschiedlichen Einheiten angegeben werden.

Allerdings bedeutet dies einfach, dass wir die Daten der Gesamt-TOA-Strahlung in Watt pro Quadratmeter konvertieren müssen zu Joule pro Monat. Die Konversion geht so:

1 Watt-Monat/m² (also 1 W/m² angewendet auf einen Monat) =

1 Joule-Monat/ sec-m²* 5,11e+14 m² (Gebiet der Oberfläche) * 365,2425/12 * 24 * 3600 Sekunden/ Monat = 1,35e+21 joules.

Also konvertierte ich die Gesamt-TOA-Strahlung in Joule pro Monat und verglich dies mit den ARGO-Daten des gleichen Phänomens, nämlich der Änderung des ozeanischen Wärmegehaltes in Joule pro Monat. Abbildung 7 zeigt diesen Vergleich:

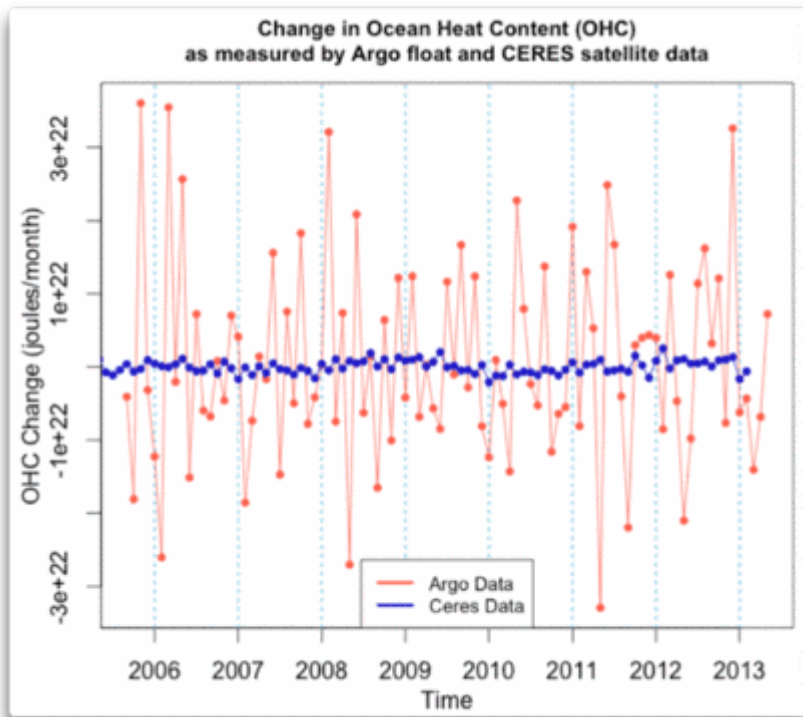


Abbildung 7: Vergleich der monatlichen OHC-Änderungen gemessen mit CERES-Daten und von den ARGO-Bojen

Nun, das ist ein höchst seltsames Ergebnis. Die ARGO-Daten sagen, dass eine gewaltige, ja überwältigende Menge Energie in die Ozeane geht und wieder herauskommt ... aber andererseits sagen die CERES-Daten, dass nur ein vergleichsweise sehr kleiner Teil der Energie in den Ozean hineingeht und wieder herauskommt. Wobei es auch nach CERES eine ziemlich große Menge Energie ist, die aber bei Weitem nicht das Ausmaß der von den ARGO-Bojen gezeigten Menge entspricht.

Wie muss man diesen Widerspruch verstehen? Die wahre Antwort auf diese Frage lautet ... ich weiß es nicht. Möglicherweise ist mir ein arithmetischer Fehler unterlaufen, obwohl ich wieder und immer die oben aufgeführten Berechnungen durchgeführt habe. Ich weiß, dass die CERES-Daten die richtige Größenordnung zeigen, weil diese die Schwingung von rund 20 Watt aufgrund des elliptischen Erdorbits zeigen. Und ich weiß, dass meine ARGO-Daten korrekt sind, indem ich Abbildung 7 mit Abbildung 2 vergleiche.

Mein ‚Best guess‘ ist, dass die Fehlerbalken der ARGO-Daten viel größer sind als allgemein angenommen. Ich sage dies, weil die CERES-Daten keineswegs akkurat sind. Aber sie sind sehr präzise. Ich sage das auch aufgrund meiner zuvor durchgeführten Analyse der behaupteten Fehler von Levitus et al. in meinem Beitrag [„Decimals of Precision“](#).

In jedem Falle ist es ein höchst eigenartiges Ergebnis. Zumindest erheben sich dadurch Fragen über unsere Fähigkeit, den Wärmegehalt der Ozeane zu messen mit einer von den ARGO-Leuten behaupteten Präzision. Man erinnere sich, sie behaupten, dass sie die monatliche mittlere Temperatur von 0,65 MILLIARDEN Kubikkilometer Meerwasser mit einer Genauigkeit von einem

Hundertstel Grad messen können ... was mir sehr zweifelhaft vorkommt. Ich habe den Verdacht, dass der wirkliche Fehler in ihren Daten vom Fußboden bis zur Decke reicht.

Aber das sind lediglich meine Gedanken. Andere Vorschläge sind sehr willkommen.

Data and Code: The Argo data (as a .csv file) and R code is online in a small folder called [Argo and CERES Folder](#). The CERES TOA data is [here](#) in R format, and the CERES surface data in R format is [here](#). WARNING: The CERES data is 220 Mb, and the CERES surface data is 110 Mb.

Weitere Daten:

[Main Argo Data Page](#)

[Main CERES Page](#)

[List of Argo "gray" floats](#)

Link: <http://wattsupwiththat.com/2014/12/04/argo-and-ocean-heat-content/>

Übersetzt von [Chris Frey](#) EIKE