Eine geringe Fehlerbandbreite

geschrieben von Chris Frey | 14. Januar 2019

Ich werde darauf aufmerksam, dass Zeke Hausfather neben vielen Anderen behauptet, dass das Jahr 2018 das wärmste Jahr jemals hinsichtlich der Ozeane gewesen sei, und zwar bis zu einer Tiefe von 2000 m. Er drückte es so aus:

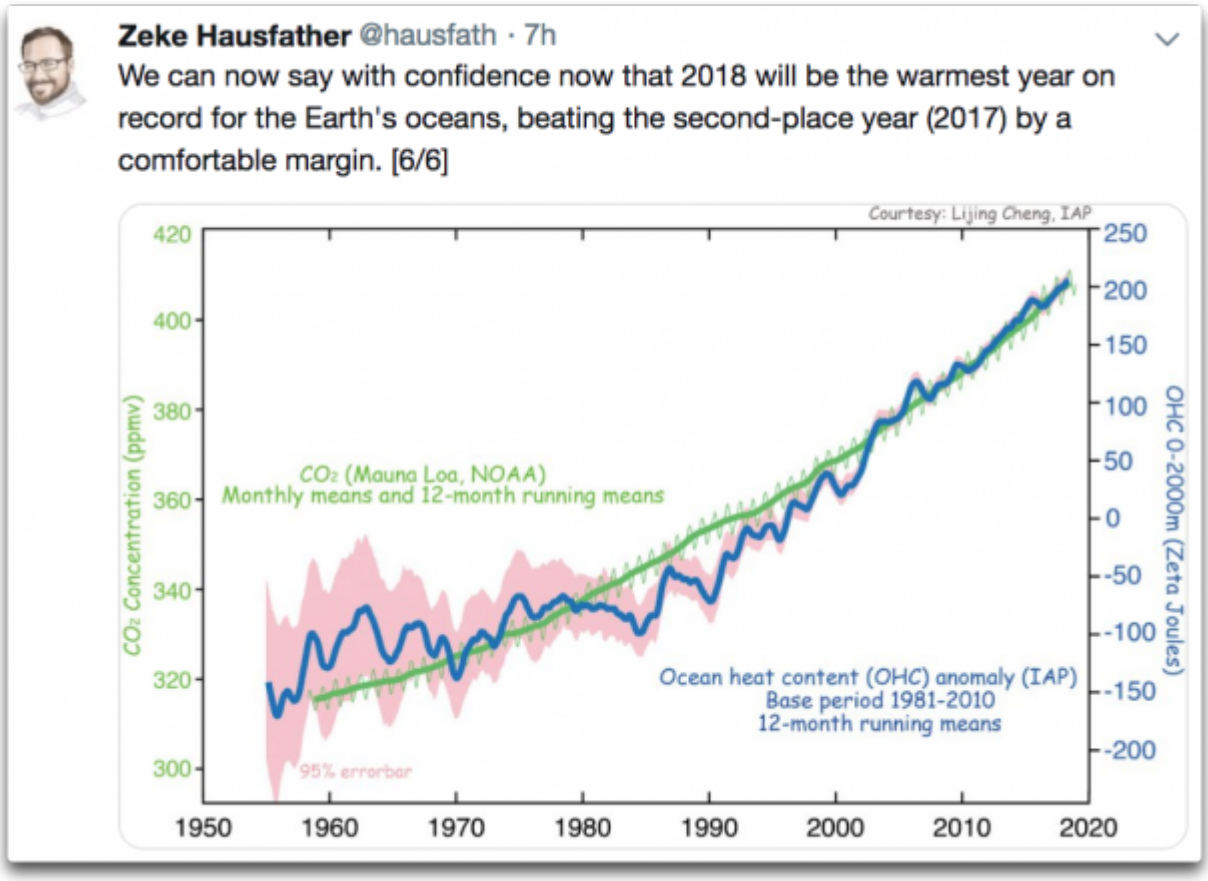


Abbildung 1: Änderung des ozeanischen Wärmegehaltes von 1955 bis 2018. Daten vom Institute for Applied Physics (IAP).

Als ich die Graphik in Zekes Tweet sah, leuchtete mein innerer Detektor für schlechte Zahlen sofort grell rot auf. Was mir verdächtig erschien war, dass die Vertrauens-Intervalle viel zu klein aussahen. Nicht nur das, sondern auch, dass die Graphik Einheiten verwendet, die für die Meisten bedeutungslos sind. Nun ja …

Die Einheiten in dieser Graphik sind „Zettajoules“, abgekürzt ZJ. Ein Zettajoule sind 1^{10} Joule. Das wollte ich in eine allgemein bekanntere Einheit umrechnen, nämlich Grad Celsius (°C). Dazu musste ich berechnen, wie viele Zettajoules man braucht, um die Temperatur in den obersten

2000 Meter der Ozeane um 1°C zu erhöhen.

Man betrachte die zugehörige Mathematik im Anhang [wird hier nicht übernommen. Wer nachrechnen möchte, klicke auf den Link zum Original. Anm. d. Übers.] Es genügt an dieser Stelle zu sagen, dass man etwa 2600 Zettajoule braucht, um die Temperatur in dieser Ozeanschicht um 1°C zu erhöhen. Noch einmal: 2600 ZJ pro Grad.

Jetzt betrachte man noch einmal Abbildung 1. Sie behaupten, dass ihre Fehlerbandbreite der Werte von 1955 plus/minus 95 Zettajoules ausmacht … und das rechnet sich um zu ± 0.04°C. Vier Hundertstel eines Grades Celsius … tatsächlich …

Man mag mich für dumm halten, aber ich glaube einfach NICHT, dass wir die Wassertemperatur der oberen 2000 Meter der Ozeane bis auf plus/minus vier Hundertstel Grad genau kennen.

Es kommt aber noch schlimmer. Im Jahre 2018 behaupten sie, dass die Fehlerbandbreite eine Größenordnung von plus/minus neun Zettajoules aufweist … was umgerechnet drei Tausendstel Grad Celsius sind – 0,003°C. Also wirklich! Man frage irgendeinen Verfahrenstechniker – die Bestimmung der mittleren Wassertemperatur in einem normalen Swimmingpool auf drei Tausendstel Grad genau würde mindestens ein Dutzend Thermometer erfordern …

Sie begründen ihre Behauptung, diesen Grad an Genauigkeit zu erreichen, mit den ARGO-Bojen. Diese Bojen treiben in verschiedenen Tiefen im Ozean. Alle zehn Tage steigen sie langsam an die Oberfläche und messen auf dem Weg dorthin die Temperatur. Gegenwärtig, das heißt vor drei Tagen, waren 3835 Bojen in Betrieb.

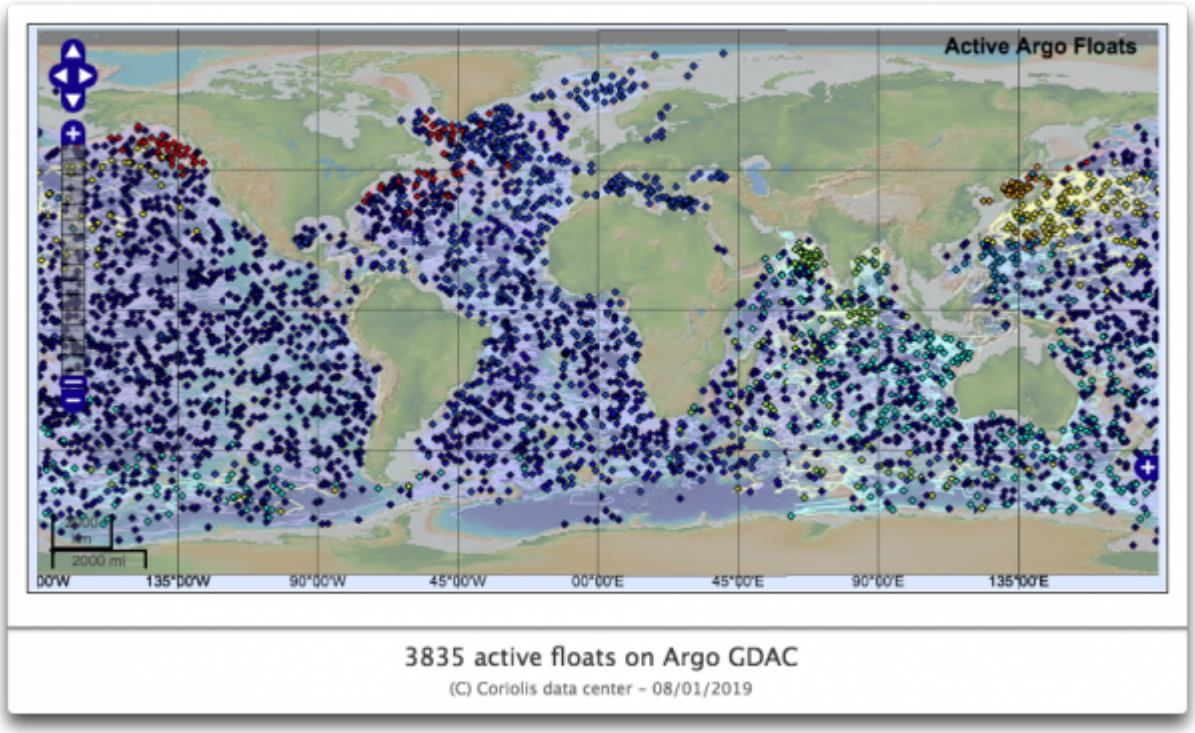


Abbildung 2: Verteilung aller aktiven ARGO-Bojen am 8. Januar 2019

Das sieht nach einer ziemlich großen Abdeckung aus in dieser Graphik, nicht wahr? Vielleicht nicht ein paar Dutzend Thermometer pro Swimmingpool, aber dicht … Tatsächlich ist es aber so, dass auf jeweils 93.500 km² Ozean nur eine ARGO-Boje kommt. Das ist ein Kasten mit jeweils 300 km Seitenlänge und einer Tiefe von 2 km … die genau ein Thermometer enthält.

Das ihrer Schätzung der Fehlerbandbreite zugrunde liegende Problem ist Folgendes: Wenn die Anzahl der Messungen steigt, nimmt die Fehlerbandbreite um 1 geteilt durch die Quadratwurzel der Anzahl der Beobachtungen ab. Und das heißt, falls wir mehr Dezimalstellen in unserer Fehlerbandbreite haben wollen, müssen wir einhundert mal die Anzahl der Messpunkte haben.

Beispiel, falls wir einen Fehler von – sagen wir – einem Zehntelgrad Celsius aus zehn Messungen haben wollen, dann brauchen wir eintausend Messungen, um den Fehler um ein Hundertstel Grad zu reduzieren …

Umgekehrt ist es genauso. Nehmen wir also einmal an, dass ihre Schätzung der Fehlerbandbreite von ± 0.003°C der Daten aus dem Jahr 2018 korrekt ist und das dies der ausgezeichneten Abdeckung mit 3835 ARGO-Bojen geschuldet ist.

Das würde bedeuten, dass wir eine zehn mal so große Fehlerbandbreite bekommen, also ± 0.03°C, falls es nur 38 ARGO-Bojen gäbe …

Tut mir leid, das glaube ich nicht. 38 Thermometer, von denen jedes drei Vertikalprofile der Temperatur pro Monat aufzeichnet, um die Temperatur der oberen 2000 Meter der gesamten globalen Ozeane zu messen – auf plus/minus drei Hundertstel Grad genau?

Mein Detektor für schlechte Zahlen leuchtete immer noch rot. Also führte ich eine Art „Monte Carlo"-Analyse durch. Benannt nach dem berühmten Casino impliziert eine Monte Carlo-Analyse, dass man Zufallsdaten einer Analyse unterzieht, um zu sehen, ob die Antwort vernünftig ist.

In diesem Falle nahm ich mir ein Gitternetz von 1° Breite mal 1° Länge vor und betrachtete die Ozeantemperaturen in verschiedenen Tiefen bis zu 2000 m aus dem Levitus World Ocean Atlas. Dieser enthält die monatlichen langzeitlichen Mittelwerte in jeder Tiefe für jedes Gitterquadrat für jeden Monat. Dann berechnete ich das globale Mittel für jeden Monat von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 2000 m.

Nun gibt es 33.713 Gitterquadrate von 1° x 1° mit Ozeandaten. (Die Gebiete jenseits der beiden Polarkreise habe ich mal außen vor gelassen, weil es dort fast keine Bojen gibt). Und es gibt 3825 ARGO-Bojen. Im Mittel befinden sich etwa 5% davon in einem normalen Gitterquadrat. Die ARGO-Bojen vermessen also größenordnungsmäßig zehn Prozent der Gitterquadrate … was bedeutet, dass trotz der vielen ARGO-Bojen zu jeder gegebenen Zeit **90% der 1°x1°-Gitterquadrate in den Ozeanen nicht vermessen werden!** Ich meine ja nur …

Um zu sehen, welchen Unterschied das ausmacht, unterzog ich 3825 zufällig ausgewählte Ozean-Gitterquadrate wiederholten Analysen. Dabei machte ich genau das Gleiche wie zuvor – errechnete die Mittelwerte in jeder Tiefe und berechnete dann die globale mittlere Temperatur Monat für Monat für jene Gitterquadrate. Hier folgt eine Graphik typischer Zufallsorte für simulierte ARGO-Punkte für einen Lauf:

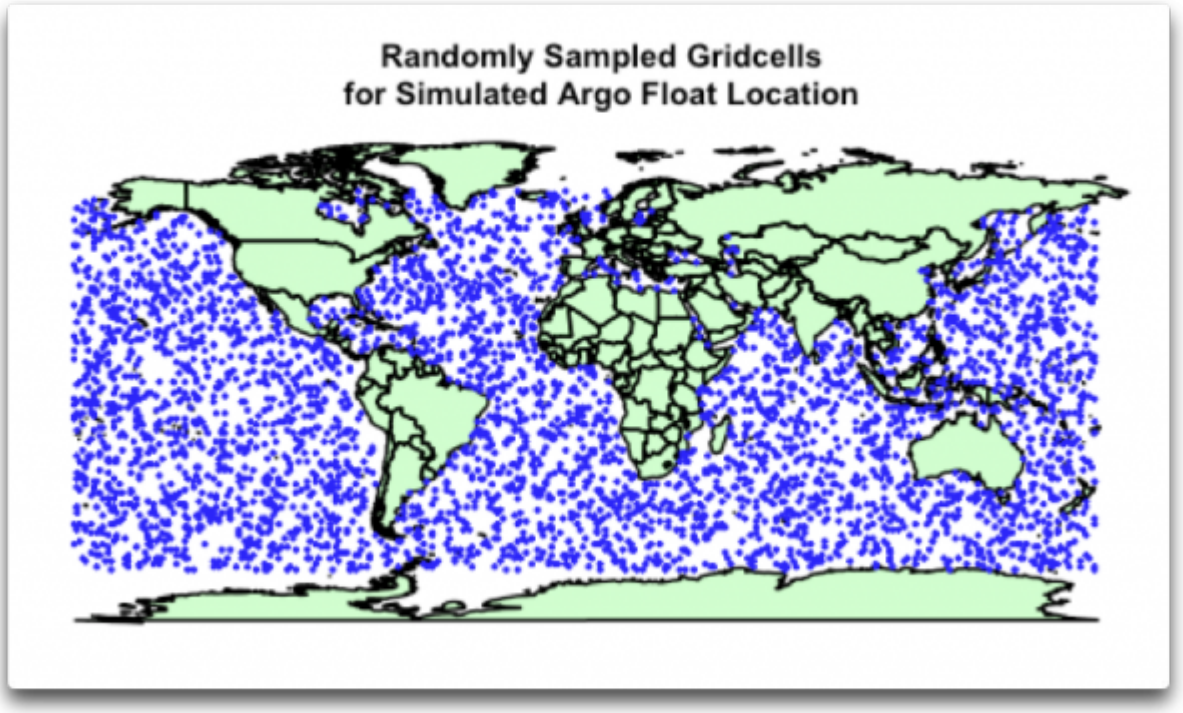


Abbildung 3: Typische simulierte Verteilung von ARGO-Bojen für einen Lauf einer Monte Carlo-Analyse.

Und dabei fand ich das, was zu finden ich mir gedacht hatte. Ihre behauptete Genauigkeit stammt nicht aus Experimenten. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse eines typischen Laufs. Das 95%-Vertrauensintervall der Ergebnisse variierte zwischen 0,05°C und 0,1°C:

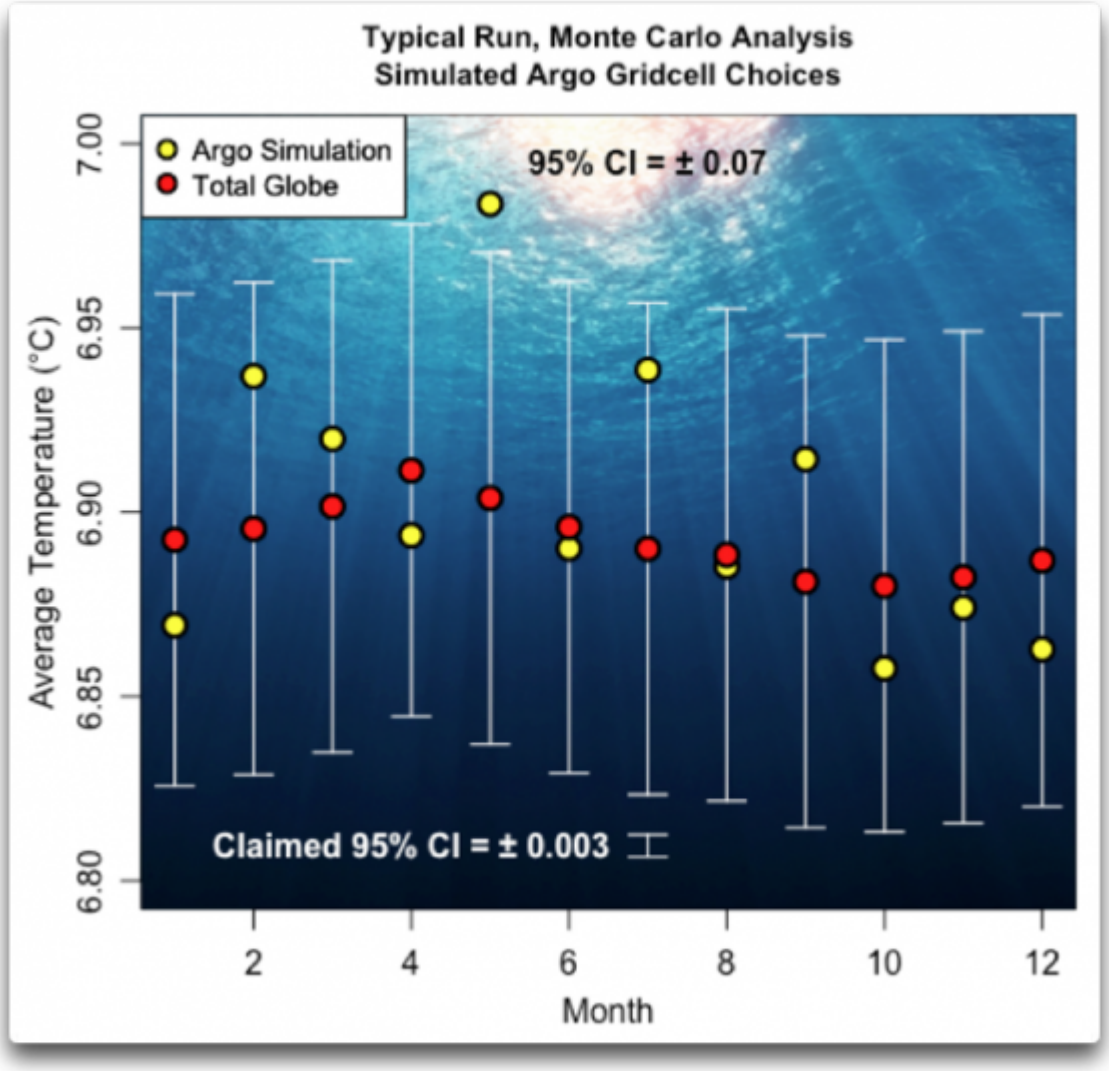


Abbildung 4: Typischer Lauf, mittlere globale Ozean-Temperatur von der Oberfläche bis 2000 m tief, aus dem *Levitus World Ocean Atlas* (rote Punkte) und den 3825 simulierten ARGO-Punkten. Weiße Federstriche zeigen das 95%-Vertrauensintervall (95% CI). Für diesen Lauf betrug das 95% CI 0,07°C. Der kleine Federstrich unten Mitte zeigt das behauptete 95% CI aus dem Jahr 2018 von 0,03°C.

Wie man sieht, erhält man mittels der simulierten ARGO-Messpunkte eine Antwort, die dem tatsächlichen Temperaturmittel ziemlich nahe kommt. Monatliche Mittelwerte liegen innerhalb eines Zehntelgrades des tatsächlichen Mittelwertes … aber weil die ARGO-Bojen nur etwa 10% der 1° x 1°-Ozean-Gitterquadrate vermessen, ist das immer noch eine Größenordnung mehr als das für das Jahr 2018 behauptete 95% CI der Daten in Abbildung 1.

Also denke ich, dass mein Detektor für schlechte Zahlen weiter angeschaltet bleiben sollte …

Und schließlich sagt Zeke, dass die Ozeantemperatur im Jahre 2018 die Temperatur des Jahres 2017 um eine „komfortable Spanne“ übertrifft. Aber in Wirklichkeit ist es nur 8 Zettajoule wärmer … was geringer ist als die für 2018 behauptete Fehlerbandbreite. Oh nein, das ist keine „komfortable Spanne“. Es liegt noch deutlich innerhalb ihres behaupteten unglaublich geringen Fehlers, den sie mit ± 9 ZJ für das Jahr 2018 angeben.

Letzte Bemerkung: Man mache bitte nicht Zeke hierüber Vorwürfe. Er ist einer der Guten, und wir alle liegen mitunter falsch. Wie ich immer wieder nachgewiesen habe, hatte der amerikanische Wissenschaftler Lewis Thomas völlig recht mit seiner Bemerkung „Wir sind erschaffen, um Fehler zu machen, programmiert auf Irrtümer…“

Link: https://wattsupwiththat.com/2019/01/11/a-small-margin-of-error/

Übersetzt von Chris Frey EIKE