

# COPE: Der gegenläufige Obliquitäts-Präzessionseffekt

geschrieben von Chris Frey | 20. Mai 2026

**Dr. John A. Parmentola**

*[COPE steht als Abkürzung für die Bezeichnung des Phänomens im Original: Countervailing Obliquity–Precession Effect. Erklärung im Artikel. A. d. Übers.]*

Die gängige Diskussion über den orbitalen Klima-Antrieb konzentriert sich in der Regel auf geringe Veränderungen der global gemittelten jährlichen Sonneneinstrahlung. Diese Sichtweise kann jedoch einen wichtigen physikalischen Effekt verschleiern, der sich aus der Geometrie der Umlaufbahn selbst ergibt.

Die erste wichtige Tatsache ist, dass sich die global gemittelte jährliche Sonneneinstrahlung der Erde über epochale Zeitskalen hinweg nur sehr wenig ändert. Dies liegt daran, dass die große Halbachse der Erdumlaufbahn nahezu konstant bleibt – eine erhaltungsfreie Größe des Zweikörperproblems. Die gesamte in das Erdsystem eintretende jährliche Sonnenenergie bleibt daher annähernd konstant, selbst wenn sich Präzession und Neigung verändern.

Die zweite wichtige Tatsache ist, dass die Arktis eine sehr starke saisonale Asymmetrie aufweist. Wenn man das Umlaufjahr in zwei halbjährliche Energiekennzahlen unterteilt, ist die Sonneneinstrahlung in der Arktis in der zweiten Jahreshälfte (grob gesagt Spätsommer–Herbst–Winter) abzüglich der Sonneneinstrahlung in der ersten Jahreshälfte (grob gesagt Spätwinter–Frühling–Sommer) über epochale Zeitskalen hinweg beständig groß und negativ.

Diese beiden Tatsachen haben unmittelbar eine wichtige physikalische Konsequenz. Wenn die global gemittelte jährliche Sonneneinstrahlung der Erde nahezu konstant bleibt, während sich in der Arktis eine große negative saisonale Asymmetrie entwickelt, muss es an anderer Stelle im Klimasystem eine ausgleichende positive Asymmetrie geben, eben weil die global gemittelte jährliche Sonneneinstrahlung nahezu konstant bleibt. Diese ausgleichende Asymmetrie tritt vor allem in der tropischen Zone auf – denn dort befindet sich die Wärme.

Diesen Effekt bezeichne ich als „Countervailing Obliquity–Precession Effect“ (COPE). COPE beschreibt asymmetrische halbjährliche Sonneneinstrahlung und Energiekanäle in der Umlaufbahn, die sich aus den gekoppelten Effekten von Präzession und Neigung ergeben. Die tropischen und arktischen Zonen reagieren sehr unterschiedlich, weil sie sich in ihren materiellen Umgebungen grundlegend unterscheiden.

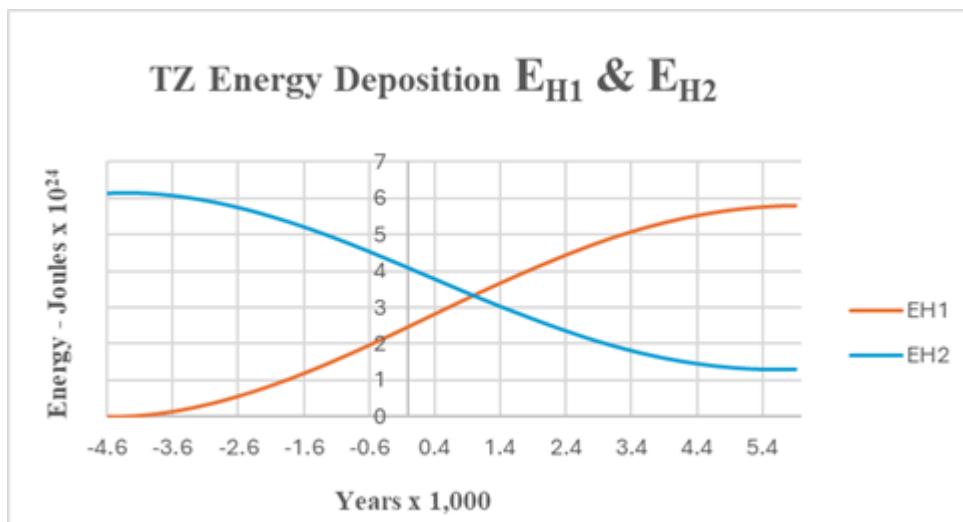
In der arktischen Zone wird die Klimareaktion von der Unterdrückung der Schmelzschwelle, der Schneeakkumulation und der saisonalen Abkühlung dominiert. In der tropischen Zone wird die Reaktion von der langfristigen Energieakkumulation über den Ozeanen, der Verdunstung, der Speicherung latenter Wärme und dem Transport von Luftfeuchtigkeit dominiert. Somit erzeugt COPE gegenläufige thermodynamische Tendenzen: – Abkühlung der Arktis und Unterdrückung der Schmelze, – gekoppelt mit tropischer Energieakkumulation und der Erzeugung latenter Wärme.

Dieser Effekt scheint auch im aktuellen Klimasystem messbar zu sein. Anhand von CERES-Satellitenbeobachtungen, die im Rahmen des gleichen orbitalen Halbjahreszeitraums analysiert worden sind, scheint die Asymmetrie in der tropischen Zone im gegenwärtigen Klimasystem messbar zu sein. Die Analyse legt nahe, dass im Jahresdurchschnitt etwa  $1 \text{ W/m}^2$  der asymmetrischen Strahlungskraft die Reflexion und die ausgehende Langwellenstrahlung überstanden hat und in den letzten rund zwei Jahrzehnten in das Klimasystem der tropischen Zone eingetreten ist. Diese zurückgehaltene Energie muss dann auf die Wärmespeicherung im Ozean, die Verdunstung, den atmosphärischen Transport, die Wolken und Prozesse in den hohen Breitengraden aufgeteilt werden.

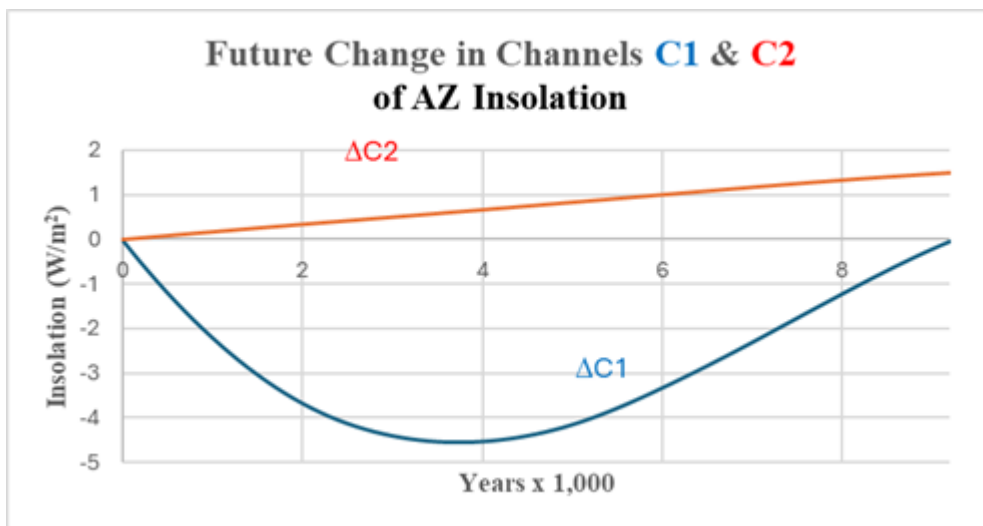
COPE verbindet somit potenziell: – die Umlaufbahngeometrie, – den hydrologischen Transport, – den Abtransport latenter Wärme, – die Abkühlung der Arktis, – die Entwicklung des Meeresspiegels – sowie die klimatischen Übergänge zwischen Glazial- und Interglazialphasen durch eine anhaltende asymmetrische Umlaufbahngeometrie, die heute messbar zu sein scheint.

Die weiter reichende Schlussfolgerung lautet, dass der Umlaufbahnantrieb das Klima weitaus stärker durch eine strukturierte saisonale und latitudinale Energieverteilung beeinflussen könnte als allein durch vergleichsweise geringe Veränderungen der global gemittelten jährlichen Sonneneinstrahlung.

Zwei Abbildungen veranschaulichen diesen Effekt deutlich:



Die obige Grafik zeigt die beiden asymmetrischen halbjährlichen Energieakkumulationskanäle EH1 und EH2 an der Obergrenze der Atmosphäre (TOA) in der tropischen Zone (TZ), gemessen relativ zu einem Minimum, das vor etwa 4.600 Jahren auftrat. Während des größten Teils der aktuellen Epoche übersteigt der Kanal der zweiten Jahreshälfte, EH2, den der ersten, EH1, was die beobachtete Asymmetrie bis in 1.000 Jahre hinein erzeugt; dann wird er null sein und sich zu einer Dominanz von EH1 verschieben. Die mit EH1 verbundene Energieablage pro 100 Jahre wird sich an der TOA in der TZ über 3.000 Jahre hinweg linear verdoppeln.



Die obige Grafik zeigt die beiden asymmetrischen Kanäle der Sonneneinstrahlung in der arktischen Zone (AZ), C1 und C2, welche die Schmelze unterdrücken. Dieser Effekt lässt sich am besten anhand der künftigen Veränderungen von C1 und C2 charakterisieren, die auf einen anhaltenden Rückgang der Sonneneinstrahlung bei C1 (Sommer) und einen leichten Anstieg der Sonneneinstrahlung bei C2 (Winter) hindeuten. C1 wird in etwa 4.000 Jahren um etwa 5 W/m<sup>2</sup> abnehmen.

Zusammen zeigen diese Grafiken eine gekoppelte Orbital-Klima-Struktur, die möglicherweise einen Teil der fehlenden thermodynamischen Verbindung zwischen orbitaler Antriebskraft und der Entwicklung von Glazial- und Interglazialphasen darstellt. Auf diese Weise könnte COPE dazu beitragen, die Orbitalgeometrie mit hydrologischem Transport, latenter Wärmeabgabe und Veränderungen des Meeresspiegels zu verknüpfen und gleichzeitig traditionelle theoretische Erklärungen nach Milankovitch zu ergänzen.

Ein ungewöhnlicher Aspekt von COPE ist, dass es orbital-klimatische Phänomene über die vergangene, gegenwärtige und zukünftige Klimaentwicklung hinweg durch eine anhaltende orbital-geometrische Asymmetrie verbindet, die derzeit messbar ist.

Weitere Details zu diesem Effekt und seinen möglichen Folgen findet man [hier](#).

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2026/05/13/cope-the-countervailing-obliquity-precession-effect/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE