

Klimamodelle entdecken eine weitere Wirkung von CO₂

geschrieben von Chris Frey | 2. April 2026

[Charles Rotter](#)

Eine neue Studie macht die Runde, und auf den ersten Blick scheint sie eine weitere Wendung in der Klimadebatte zu bieten: Kohlendioxid, das Molekül, das üblicherweise als Hauptverursacher der Erwärmung dargestellt wird, kann offenbar eine Abkühlung bewirken – zumindest über Indien, zumindest im Sommer und zumindest innerhalb eines bestimmten Modellierungsrahmens.

Article | [Open access](#) | Published: 24 March 2026

CO₂ radiative forcing induces summer cooling over India

[Jinhong Liu](#), [Xia Qu](#) , [Gang Huang](#)  & [Chenglin Lyu](#)

[Nature Communications](#) **17**, Article number: 2724 (2026) | [Cite this article](#)

<https://www.nature.com/articles/s41467-026-69875-2>

Das allein sollte jedem zu denken geben, dem bisher gesagt wurde, die „Wissenschaft sei sich einig“.

Die betreffende Studie formuliert ihre zentrale These klar und deutlich:

„Steigende CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre können auch zu einer Abkühlung im Sommer über Indien führen.“

Dies wird als „bisher unterschätzter Effekt“ dargestellt, bei dem der Treibhauseffekt die atmosphärische Zirkulation so verändert, dass sich die Bewölkung verdichtet, die Sonneneinstrahlung an der Erdoberfläche abnimmt und die Temperaturen lokal sinken.

Abstract

Als Reaktion auf anthropogene Einflüsse erwärmt sich die Erdoberfläche im Allgemeinen, da Treibhausgase die abgehende langwellige Strahlung zurückhalten. Entgegen der Intuition weisen einige Regionen vor dem Hintergrund dieser globalen Erwärmung jedoch eine Abkühlung der Oberfläche auf – ein Phänomen, das als „Warming Hole“ bekannt ist. Über

die gut dokumentierten „Warming Holes“ über dem Nordatlantik und dem Südosten der Vereinigten Staaten hinaus zeigen wir hier, dass steigende CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre auch eine Abkühlung im Sommer über Indien bewirken können. Aufgrund des direkten Strahlungseffekts von CO₂ werden die Erwärmung des eurasischen Kontinents im Vergleich zu den umgebenden Ozeanen, der Feuchtigkeitstransport in den unteren Schichten und die vertikale Bewegung über Indien verstärkt. In Kombination mit der reichlich vorhandenen Feuchtigkeit des Sommermonsuns und den topografischen Blockierungseffekten des Himalaya und des Hindukusch führen diese Zirkulationsänderungen zu einer Zunahme der Wolkendecke. Die daraus resultierende verstärkte Bewölkung reduziert die einfallende Sonnenstrahlung an der Oberfläche und führt zu der beobachteten regionalen Abkühlung. Diese Ergebnisse zeigen einen bisher unterschätzten Prozess auf, durch den der Treibhauseffekt paradoxerweise über atmosphärische dynamische Wege eine regionale Abkühlung bewirken kann. – Mehr [hier](#).

Die Autoren räumen sogar ein, dass das Ergebnis kontraintuitiv ist:

„Diese Ergebnisse zeigen einen bisher unterschätzten Prozess auf, durch den der Treibhauseffekt paradoxerweise zu einer regionalen Abkühlung führen kann ...“

Das Wort „paradoxerweise“ spielt hier eine wichtige Rolle.

Denn wenn ein Effekt je nach Modellkonfiguration sowohl Erwärmung als auch Abkühlung bewirken kann, was genau wird dann vorhergesagt – und mit welchem Grad an Sicherheit?

Die Untersuchung stützt sich in hohem Maße auf CMIP6-Modell-Ensembles, darunter sowohl reine Atmosphärensimulationen als auch gekoppelte Modelle. In einem Szenario wird der CO₂-Gehalt vervierfacht, während die Meerestemperaturen konstant gehalten werden. Das ist keine Beschreibung der realen Welt, sondern ein kontrolliertes numerisches Experiment, das darauf abzielt, bestimmte Prozesse zu isolieren. Die Autoren machen dies ausdrücklich deutlich:

„Wenn die Meerestemperatur auf dem Niveau des heutigen Klimas fixiert und die atmosphärische CO₂-Konzentration vervierfacht wird ...“

Dieser Satz – „die Meerestemperatur wird konstant gehalten“ – ist es wert, näher betrachtet zu werden. Ozeane sind keine optionalen Komponenten des Klimasystems der Erde. Sie dominieren die Wärmekapazität, den Transport und die Variabilität. Ihre Rückkopplungen zu entfernen, um einen Effekt zu isolieren, mag für die Theorie nützlich sein, schafft aber auch ein Szenario, das keine direkte physikalische Entsprechung hat.

Man könnte genauso gut die Bewölkung, die Windverhältnisse oder die Luftfeuchtigkeit festlegen und beobachten, was passiert. Die Frage ist, ob solche Übungen aussagekräftige Erkenntnisse für die Erwartungen in

der realen Welt liefern – oder lediglich zeigen, was ein Modell unter ausreichenden Einschränkungen hervorbringen kann.

Und was liefern diese Modelle? Eine auffallend große Bandbreite an Ergebnissen:

„Die maximale Abkühlung reicht in den Modellen von $-2,55$ bis $-0,68$ K ... wobei die maximale Abkühlung in den Modellen von $-9,93$ bis $-0,20$ K reicht.“

Eine Streuung von etwa $-0,2$ K bis fast -10 K ist keine geringfügige Unsicherheit. Es handelt sich um eine Variabilität in der Größenordnung. Allein dieser Bereich wirft Fragen zur Robustheit auf. Wenn der gleiche Antrieb in den verschiedenen Modellen radikal unterschiedliche Größenordnungen erzeugt, dann ist der Prozess hochgradig empfindlich gegenüber internen Annahmen – Parametrisierungen von Wolken, Konvektion, Feuchtigkeitstransport und so weiter.

Dennoch beschreibt die Arbeit das Signal weiterhin als „robust“.

Dies ist ein wiederkehrendes Merkmal der Literatur zur Klimamodellierung: Übereinstimmung hinsichtlich der Richtung wird oft als ausreichend angesehen, selbst wenn die Größenordnung stark variiert. Für politische Zwecke ist jedoch die Größenordnung entscheidend. Eine Abkühlung um $-0,2$ K ist kaum wahrnehmbar; -10 K wären katastrophal. Diese Ergebnisse unter einem einzigen konzeptionellen Oberbegriff zusammenzufassen, dehnt die Bedeutung des Begriffs „robust“ über das Maß des Sinnvollen hinaus.

Der Prozess selbst ist eine Kette modellierter Wechselwirkungen. Der CO_2 -Gehalt steigt, Eurasien erwärmt sich stärker als die umliegenden Ozeane, Druckgradienten verschieben sich, Winde verstärken sich, der Feuchtigkeitstransport nimmt zu, Wolken bilden sich und die einfallende Sonnenstrahlung nimmt ab:

„Die Verringerung der nach unten gerichteten Sonnenstrahlung ist der dominierende Faktor für die Abkühlung der Erdoberfläche ... verbunden mit einer verstärkten Wolkendecke.“

Dies ist ein klassisches Beispiel für eine Rückkopplungs-Kaskade. Jeder Schritt hängt von Parametrisierungen ab, die bekanntermaßen zu den unsichersten Elementen in Klimamodellen zählen – insbesondere Wolken.

Wolken sind seit langem die Achillesferse der Klimamodellierung. Geringfügige Änderungen in der Wolken-Mikrophysik oder -verteilung können die Ergebnisse von einer Erwärmung zu einer Abkühlung umkehren. Die Autoren veranschaulichen diese Empfindlichkeit eindrucksvoll: Verändert man die Zirkulation geringfügig, nimmt die Wolkendecke so stark zu, dass sie den Strahlungsantrieb lokal ausgleicht.

Mit anderen Worten: Das System ist in hohem Maße nichtlinear, und kleine

Modellierungsentscheidungen können qualitativ unterschiedliche Ergebnisse hervorbringen. Dies ist eine Beobachtung über das System selbst und erschwert die Vorstellung, dass Modelle regionale Ergebnisse für die nächsten Jahrzehnte zuverlässig vorhersagen können.

Der Artikel weist zudem auf saisonale und geografische Besonderheiten hin, die die Anwendbarkeit des Ergebnisses weiter einschränken. Die Abkühlung scheint...

„...vor allem auf den borealen Sommer beschränkt zu sein ... und fällt mit dem indischen Sommermonsun zusammen.“

Außerhalb dieser Monate erwärmt sich die gleiche Region.

Nun lautet die Geschichte also: CO₂ verursacht weltweit eine Erwärmung, außer dort, wo es eine Abkühlung bewirkt, außer wenn es dies nicht tut, abhängig von Jahreszeit, Topografie, Feuchtigkeitsverfügbarkeit und Zirkulationsmustern.

Das mag als Beschreibung des Modellverhaltens zutreffend sein. Als Grundlage für weitreichende politische Entscheidungen führt es jedoch eine Komplexität ein, die der Öffentlichkeit selten vermittelt wird.

Die Autoren gehen noch weiter und ziehen politische Schlussfolgerungen, die an Ironie grenzen:

„Der prognostizierte Rückgang der CO₂-Konzentration ... könnte – entgegen der Intuition – zur Erwärmung in Indien beitragen.“

Eine Reduzierung von CO₂ könnte also zu einer Erwärmung führen – zumindest regional, zumindest in diesem Rahmen.

An dieser Stelle könnte man sich fragen, ob die Variable, auf die die Politik abzielt, überhaupt der dominierende Faktor für lokale Klimaentwicklungen ist. Wenn ein Anstieg des CO₂-Gehalts eine Region abkühlen und ein Rückgang sie erwärmen kann, dann ist der Zusammenhang zwischen Emissionen und regionalen Temperaturen alles andere als eindeutig.

Zu ihrer Ehre betonen die Autoren die Komplexität:

„Die Ergebnisse verdeutlichen die Komplexität regionaler Klimareaktionen ...“

Das ist wahrscheinlich die am ehesten vertretbare Aussage in der gesamten Arbeit.

Der Punkt, an dem diese Analyse mit der Skepsis zusammentrifft, liegt nicht darin zu leugnen, dass solche Prozesse in Modellen existieren könnten. Er liegt vielmehr darin zu hinterfragen, was diese Untersuchungen belegen – und was nicht.

Sie zeigen, dass Modelle unter unterschiedlichen Annahmen eine Vielzahl von Ergebnissen hervorbringen können. Sie zeigen, dass Rückkopplungen je nach Konfiguration angepasst, verstärkt oder unterdrückt werden können. Sie zeigen, dass neue „Mechanismen“ identifiziert werden können, sobald die Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Bereich oder eine bestimmte Variable gerichtet wird.

Was sie nicht zeigen, ist, dass diese Prozesse in der realen Welt mit der gleichen Stärke, Konsistenz oder Vorhersagbarkeit ablaufen.

Das Vertrauen in Multi-Modell-Ensembles wird oft als Stärke dargestellt. Zwölf Modelle hier, achtundvierzig dort. Aber wenn diese Modelle strukturelle Ähnlichkeiten aufweisen – und das tun sie –, ist das Ensemble keine Sammlung unabhängiger Experimente. Es ist eine Familie verwandter Hypothesen.

Übereinstimmung innerhalb dieser Familie bedeutet nicht zwangsläufig Übereinstimmung mit der Realität.

Die Studie versucht eine Validierung, indem sie Modellausgaben mit Beobachtungsdaten vergleicht:

„Die meisten Modelle weisen einen angemessenen zentrierten quadratischen Mittelwertfehler auf ... und bieten damit eine solide Grundlage für nachfolgende Analysen.“

„Angemessen zentriert“ ist ein dehnbarer Begriff. Modelle können zwar allgemeine räumliche Muster abbilden, sich jedoch in Bezug auf Dynamik, Rückkopplungen und Empfindlichkeiten erheblich unterscheiden. Die Übereinstimmung mit einer Klimatologie garantiert keine genaue Reaktion auf Störungen.

Fairerweise muss man sagen, dass die Autoren keine Vorhersagesicherheit beanspruchen. Sie identifizieren einen Prozess innerhalb eines Modellierungsrahmens. Das ist eine legitime wissenschaftliche Vorgehensweise.

Doch die allgemeinere Erzählung, die solche Ergebnisse oft begleitet – dass die Klimawissenschaft einen Punkt erreicht hat, an dem Politik mit hoher Sicherheit diktiert werden kann –, passt nur schwer zu Ergebnissen wie diesen.

Falls CO₂ auf dem einen Weg zu einer Abkühlung und auf einem anderen zu einer Erwärmung führen kann, falls regionale Auswirkungen von fein ausbalancierten Rückkopplungen abhängen und falls die Modellprognosen eine ganze Größenordnung umfassen, dann bleibt das System von großer Unsicherheit geprägt.

Dies stellt die Klimawissenschaft eindeutig in den Bereich der laufenden, spekulativen Forschung, in dem Hypothesen getestet, überarbeitet und manchmal widerlegt werden.

Aus politischer Sicht wird dies zu einer Frage der Verhältnismäßigkeit. Wie viel Sicherheit ist erforderlich, bevor groß angelegte Eingriffe in Energiesysteme, Landwirtschaft und Wirtschaftsstrukturen vorgenommen werden?

Wenn die zugrunde liegende Wissenschaft weiterhin neue Prozesse, neue Empfindlichkeiten und neue Unsicherheiten aufdeckt, scheint Vorsicht geboten.

Es gibt zudem ein Muster, das Beachtung verdient. In jedem Jahrzehnt scheinen neue „bisher unterschätzte Prozesse“ aufzutauchen: Veränderungen in der Ozeanzirkulation, Aerosoleffekte, Landnutzungsänderungen, Auswirkungen der Bewässerung und nun auch CO₂-bedingte Wolkenrückkopplungen, die zu einer Abkühlung führen.

Man könnte dies als Fortschritt interpretieren – als einen Prozess, in dem die Wissenschaft immer feinere Details eines komplexen Systems aufdeckt. Das ist sicherlich eine mögliche Interpretation.

Eine andere Interpretation lautet, dass das System so komplex und die Modelle so empfindlich sind, dass immer neue Erklärungen gefunden werden können, um Diskrepanzen zwischen Erwartungen und Beobachtungen in Einklang zu bringen.

Die Arbeit ist nicht sinnlos. Sie erweitert den Katalog möglicher Wechselwirkungen innerhalb des Klimasystems. Aber sie unterstreicht auch, wie weit das Fachgebiet noch von einem einheitlichen, stabilen Verständnis der regionalen Klimadynamik entfernt ist.

Und vielleicht ist das die wichtigste Erkenntnis.

Nicht, dass CO₂ unter bestimmten Modellbedingungen im Sommer eine Abkühlung über Indien bewirken würde. Sondern dass sich das Klimasystem weiterhin einer einfachen Charakterisierung entzieht und dass jeder neue „Mechanismus“ den ohnehin schon komplexen Prognosen eine weitere Ebene von Bedingungen hinzufügt.

Für diejenigen, die auf der Grundlage von Modellausgaben weitreichende, irreversible politische Veränderungen befürworten, stellt diese wachsende Komplexität eine Herausforderung dar.

Für diejenigen, die zur Skepsis neigen, bekräftigt sie ein Grundprinzip: Urteile zurückhalten, Annahmen hinterfragen und der Versuchung widerstehen, sich weiterentwickelnde Modelle als feststehende Tatsachen zu behandeln.

Die Modelle können eine Erwärmung ergeben. Sie können eine Abkühlung ergeben. Sie können beides gleichzeitig ergeben, je nachdem, wo und wann man hinschaut.

Die Frage ist, wie sicher diese Ergebnisse in Erwartungen für die reale

Welt übersetzt werden können – und **ob diese Sicherheit das Ausmaß der politischen Maßnahmen rechtfertigt, die in ihrem Namen vorgeschlagen werden.**

[Hervorhebung vom Übersetzer]

Link:

[https://wattsupwiththat.com/2026/03/26/climate-models-discover-yet-another-thing-CO₂-can-do/](https://wattsupwiththat.com/2026/03/26/climate-models-discover-yet-another-thing-CO2-can-do/)

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE