

Neue Studie zeigt: Steigende CO₂-Konzentrationen führen zu einer Abkühlung in der unteren Atmosphäre über der Arktis

geschrieben von Chris Frey | 8. August 2026

[Kenneth Richard](#)

Die von Klimaalarmisten verbreitete These der CO₂-bedingten „polaren Verstärkung“ hat gerade einen weiteren Rückschlag erlitten.

Zuvor wurde bereits gezeigt, dass ein Anstieg des CO₂-Gehalts um über 120 ppm (von 278 ppm auf 400 ppm) das Klima in der Antarktis abkühlt ([Notholt et al., 2024](#)).

Diese Wissenschaftler stellten fest, dass der CO₂-Einfluss seit 1750 insgesamt zu einer leichten Nettoabkühlung (-0,01 °C) geführt hat.

Geophysical Research Letters

Infrarotstrahlungseffekte von steigendem CO₂ und CH₄ auf die Atmosphäre in der Antarktis im Vergleich zur Arktis

Justus Notholt¹, Holger Schmithüsen², Matthias Buschmann¹, und Axel Kleido³

Zitieren:
Notholt, J., Schmithüsen, H., Buschmann, M., & Kleido, A. (2024). Infrarotstrahlungseffekte von steigendem CO₂ und CH₄ auf die Atmosphäre in der Antarktis im Vergleich zur Arktis. *Geophysical Research Letters*, 51, e2023GL105600. <https://doi.org/10.1029/2023GL105600>

Zusammenfassung: Wir simulierten die saisonale Temperaturentwicklung in der Atmosphäre der Antarktis und der Arktis mit Fokus auf Infrarotprozesse. Beiträge anderer Prozesse wurden parametrisiert und während der gesamten Simulationen konstant gehalten. Das Modell wurde für die aktuellen CO₂- und CH₄-Konzentrationen sowie für verdoppelte Konzentrationen ausgeführt. Bei einer Verdopplung von CH₄ beschränkt sich die Erwärmung in der Antarktis auf die untersten paar hundert Meter über der Oberfläche, während wir in der Arktis eine Erwärmung in der gesamten Troposphäre feststellen. Wir stellen fest, dass die Wassermenge der Hauptgrund für die Unterschiede zwischen den beiden Polarregionen ist. Wenn wir sowohl CO₂ als auch CH₄ von vorindustriellen Werten auf die aktuellen Konzentrationen erhöhen und über die gesamte Troposphäre mitteln, finden wir eine Erwärmung von 0,42 K für die Arktis und eine leichte Abkühlung von 0,01 K für die Antarktis. Unsere Ergebnisse tragen zum Verständnis des fehlenden Erwärmungseffekts in der Antarktis in den letzten Jahrzehnten bei.

- Kernbotschaften:**
- Wir simulieren die Temperaturentwicklung in beiden Polarregionen im Infrarotbereich und stellen fest, dass eine Verdopplung von CO₂ und CH₄ zu gegenläufigen Antrieben führt.
 - Die unterschiedliche Menge an Wasserdampf weist sich als verantwortlich für die Unterschiede in der Erwärmung/Abkühlung in beiden Polarregionen.
 - In der Antarktis führt eine Verdopplung von CH₄ zu einer Abkühlung fast der gesamten Troposphäre. Ein zukünftiger Anstieg von H₂O könnte dies umkehren.

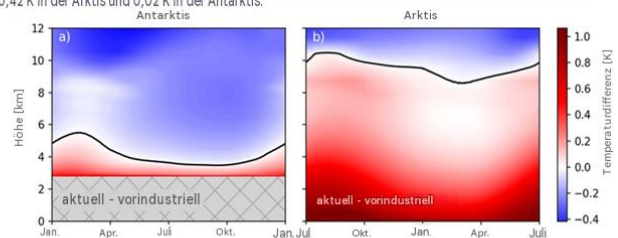
Ein negativer Treibhauseffekt bedeutet, dass die Atmosphäre mehr Energie in den Weltraum abgibt, als sie von der Oberfläche empfängt, was zu einer Nettoabkühlung der Atmosphärensäule führt. Inzwischen wurden unsere von CO₂ und CH₄ berechneten (Tabelle 1). Der Gesamttemperaturanstieg bis zu 7.000 m in der Arktis bei einer Verdopplung Beobachtungen von anderen Forschern bestätigt (Chen et al., 2023; Freese & Cronin, 2021; Sejas et al., 2018; Smith et al., 2018). In der Antarktis (0,16 K). Bei einer Verdopplung von CH₄ ergibt sich in der Antarktis eine leichte Schmithüsen et al. (2015) konzentrierten wir uns auf CO₂ als Ursache des negativen Treibhauseffekts. Später wiesen Sejas et al. (2018) darauf hin, dass der Effekt von H₂O den von CO₂ in dieser Hinsicht sogar übertrifft. Das Auftreten eines negativen von CO₂ und CH₄ von vorindustriellen Werten auf die aktuellen Konzentrationen führt zu einer Erwärmung von 0,42 K in der Arktis und 0,02 K in der Antarktis.

Wir haben den druckgewichteten Mittelwert der simulierten Temperaturänderungen bis zu 7.000 m für eine Verdopplung von CO₂ und CH₄ berechnet (Tabelle 1). Der Gesamttemperaturanstieg bis zu 7.000 m in der Arktis bei einer Verdopplung von CO₂ und CH₄ von vorindustriellen Werten auf die aktuellen Konzentrationen führt zu einer Erwärmung von 0,42 K in der Arktis und 0,02 K in der Antarktis.

für CO₂, das Verhältnis zwischen Stratosphären- und Oberflächentemperatur relevant, während für H₂O das Vorhandensein und die Intensität einer Bodeninversion das Vorzeichen des Treibhauseffekts bestimmen. Tatsächlich können die meisten relevanten Treibhausgase einen negativen Treibhauseffekt verursachen: Wenn eine stark emittierende Atmosphärenschicht, die in den Weltraum abstrahlen kann, wärmer ist als die Erdoberfläche, kann der Treibhauseffekt negativ werden. Das Potenzial anderer Treibhausgase (namentlich O₃, CH₄, N₂O) in dieser Hinsicht ist in Schmithüsen (2015, Abbildung 2.1) dargestellt.

Im Allgemeinen erwärmt sich die untere Atmosphäre bei steigender Konzentration eines gleichmäßig verteilten Treibhausgases; darüber hinaus tritt eine Abkühlung ein. Die Höhe, in der eine Erwärmung in eine Abkühlung umschlägt, bezeichnen wir als Z_{wc}. Die Erwärmung in der unteren Atmosphäre resultiert aus der verstärkten isolierenden Wirkung der Treibhausgase und der erhöhten Abwärtsstrahlung aus der darüber liegenden Atmosphäre (Dufresne et al., 2020). Die starke Absorption, beispielsweise durch troposphärisches H₂O, maskiert die Emission von der Oberfläche. Der Strahlungsverlust am oberen Rand der Atmosphäre entsteht innerhalb der Atmosphäre; die effektive Emissionshöhe wird durch die Menge an H₂O bestimmt. Die Abkühlung oberhalb von Z_{wc} resultiert aus dem erhöhten Aufwärtsstrahlungsverlust in den Weltraum.

Unsere Studien bestätigen frühere Ergebnisse (Chen et al., 2023; Dufresne et al., 2020; Sejas et al., 2018), dass die Wassermenge der dominierende Faktor für die unterschiedlichen Temperaturantriebe beim Vergleich von Arktis und Antarktis ist.



Quelle: [Notholt et al., 2024](#)

Nun zeigt eine neue [Studie](#), dass ein Anstieg der Treibhausgase CO₂ und CH₄ ebenfalls zu einer strahlungsbedingten Abkühlung der Arktis führt.

Steigende Konzentrationen von Treibhausgasen – die vermutlich auf anthropogene Emissionen zurückzuführen sind – führen zu einer Abkühlung der Arktis, „vor allem aufgrund der nahezu vollständigen Sättigung der Infrarotabsorption [von CO₂ und CH₄] in der unteren Atmosphäre“.

„In der unteren Atmosphäre (>700 hPa) nimmt die Stärke des CO₂-Kerns deutlich ab, was auf eine schwächere Unterdrückung der ausgehenden langwelligen Strahlung durch erhöhte CO₂-Konzentrationen hindeutet.“

„In der unteren Atmosphäre, von der Oberfläche bis etwa 400 hPa, weist die [aus steigendem CO₂ abgeleitete] Erwärmungsrate relativ große negative Werte auf, was auf eine starke Strahlungskühlung hindeutet.“

„...die Erwärmungsrate bleibt auf allen Höhenstufen negativ, was darauf hindeutet, dass die langwellige Strahlung zu einer Netto-Strahlungskühlung der Atmosphäre führt.“

„...die beobachtete vertikale Struktur verstärkt die ausgehende langwellige Strahlung im Vergleich zur gleichmäßigen Verteilung und verstärkt dadurch die Strahlungskühlung in der arktischen Atmosphäre.“

Forschung zur momentanen Strahlungsbilanz bei klarem Himmel in der Arktis unter verschiedenen vertikalen Strukturen von Treibhausgasen

Jiayi Qin
Masterarbeit
Mar 2026

In der unteren Atmosphäre (>700 hPa) nimmt die Stärke des CO₂-Kerns deutlich ab, was auf eine schwächere Unterdrückung der ausgehenden langwelligen Strahlung durch erhöhte CO₂-Konzentrationen hindeutet.

Dies ist hauptsächlich auf die nahezu vollständige Sättigung der Infrarotabsorption in der unteren Atmosphäre sowie auf das Vorhandensein einer bodennahen Temperaturnivierung in der Arktis zurückzuführen, welche den effektiven Beitrag von CO₂-Anstiegen in Bodennähe zum Netto-Longwellenstrahlungsfluss an der Obergrenze der Atmosphäre (TOA) weiter reduziert. In der Stratosphäre und darüber nähert sich der CO₂-Kern Null, wobei er in bestimmten Höhen sogar leicht positive Werte annimmt. Dies deutet darauf hin, dass unter polaren Bedingungen Änderungen der CO₂-Konzentration in der oberen, dünnen Atmosphäre nur einen begrenzten Einfluss auf die Netto-Longwellenstrahlung an der TOA haben und die ausgehende Strahlung sogar leicht verstärken können.

Auf dieser Grundlage werden die vertikalen Strukturen des Netto-Longwellenstrahlungsflusses und der Erwärmungsrate berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Netto-Longwellenstrahlungsfluss im Allgemeinen mit der Höhe in der gesamten Atmosphärensäule zunimmt, während die Erwärmungsrate auf allen Ebenen negativ bleibt. Dies deutet darauf hin, dass langwellige Strahlung zu einer Netto-Strahlungskühlung der Atmosphäre führt. Die Strahlungskühlung ist in der unteren Atmosphäre aufgrund großer vertikaler Gradienten des Strahlungsflusses am stärksten, schwächt sich in der mittleren Troposphäre ab und verstärkt sich in der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre wieder. Saisonale Schwankungen der Temperaturstruktur und des Wasserdampfgehalts führen zu entsprechenden Änderungen in der vertikalen Verteilung des Strahlungsflusses und der Erwärmungsrate.

Beide Treibhausgasereizeuge negative langwellige Strahlungsantriebsreaktionen an der Obergrenze der Atmosphäre (TOA) über alle beobachteten Profile hinweg. Konkret liegt der Wert für CO₂-ARF_{TOA} zwischen etwa -0,02 und -0,10 W m⁻², während der Wert für CH₄-ARF_{TOA} zwischen etwa -0,01 und -0,05 W m⁻² liegt. Dies deutet darauf hin, dass die beobachtete vertikale Struktur die ausgehende langwellige Strahlung im Vergleich zur gleichmäßigen Verteilung verstärkt und dadurch die Strahlungskühlung in der arktischen Atmosphäre verstärkt.

Tabelle 4.1 zeigt die langwellige Strahlungsbilanz in der Obergrenze der Atmosphäre (TOA), induziert durch die vertikale Verteilung von CO₂ und CH₄ im Sodankylä (April–Oktober 2017).

Datum	0421	0424	0426	0515	0828	0904	0905	0906	0907	1009
WAS-ARF _{TOA} (W m ⁻²)	-0.0831	-0.0853	-0.0997	-0.1168	-0.0144	-0.0105	-0.0118	-0.0151	-0.0171	-0.0431
CH ₄ -ARF _{TOA} (W m ⁻²)	-0.0149	-0.0200	-0.0337	-0.0277	-0.0145	-0.0125	-0.0140	-0.0229	-0.0176	-0.0140

Abbildung 5 zeigt die vertikale Verteilung der atmosphärischen Erwärmungsrate unter drei Bedingungen: (a) die beobachtete vertikale Verteilung der Treibhausgase, (b) eine gleichmäßige Verteilung der CO₂-Konzentration und (c) eine gleichmäßige Verteilung der CH₄-Konzentration. Insgesamt ist die Erwärmungsrate über der gesamten Höhe nahezu negativ, was darauf hindeutet, dass langwellige Strahlungsprozesse zu einer Netto-Strahlungskühlung der Atmosphäre führen.

In der unteren Atmosphäre, von der Oberfläche bis etwa 400 hPa, weist die Erwärmungsrate relativ große negative Werte auf, was auf eine starke Strahlungskühlung hindeutet. Mit zunehmender Höhe nimmt die Stärke der negativen Erwärmungsrate allmählich ab und erreicht die schwächste Kühlung in der Höhe von etwa 200 hPa. Oberhalb dieses Niveaus nimmt die Stärke der negativen Erwärmungsrate mit der Höhe wieder zu. Diese vertikale Struktur steht in engem Zusammenhang mit der Verteilung der vertikalen Divergenz des Netto-Longwellenstrahlungsflusses. In der unteren Atmosphäre ändert sich der Netto-Longwellenstrahlungsfluss schnell mit der Höhe, was zu einer großen Strahlungsflussdivergenz und damit zu einer starken Strahlungskühlung führt. In der mittleren und oberen Atmosphäre schwächen sich aufgrund des reduzierten Wasserdampfgehalts und der geringeren Konzentrationen absorbierender Gase die Absorption und Emission langwelliger Strahlung ab, was zu einer geringeren vertikalen Divergenz des Nettostrahlungsflusses und damit zu einer schwächeren Strahlungskühlung führt. Oberhalb von etwa 200 hPa ermöglicht die signifikante Abnahme des stratosphärischen Wasserdampfes und der optischen Dichte der Atmosphäre, dass langwellige Strahlung effizienter in den Weltraum entweicht, wodurch die vertikale Divergenz des Netto-Longwellenstrahlungsflusses zunimmt und somit die Strahlungskühlung verstärkt wird.

Darüber hinaus weist die Erwärmungsrate in der unteren Atmosphäre einen ausgeprägten saisonalen Kontrast auf. Im Vergleich zum Frühling (April bis Mai) ist im Herbst (September bis Oktober) unterhalb von 400 hPa eine stärkere langwellige Strahlungsabkühlung zu beobachten. Dieser Unterschied ist hauptsächlich auf die kombinierten Effekte der Temperaturstruktur und der Wasserdampfverteilung zurückzuführen. Wie in Abbildung 4(a) dargestellt, sind die Temperaturen in diesem Höhenbereich im Herbst im Allgemeinen höher als im Frühling. Die höhere Temperatur verstärkt die langwellige Strahlungsemission der Atmosphäre erheblich und erhöht dadurch den nach oben gerichteten langwelligen Strahlungsfluss. Gleichzeitig zeigt Abbildung 4(b), dass die Wasserdampfkonzentrationen in der unteren Atmosphäre in bestimmten Höhen im Herbst höher sind als im Frühling. Der erhöhte Wasserdampf erhöht die langwellige optische Dichte der Atmosphäre, wodurch langwellige Strahlung aus tieferen Schichten eher absorbiert wird. Infolgedessen werden die Strahlungsprozesse in jeder Höhe stärker von den lokalen thermodynamischen Bedingungen bestimmt. Unter solchen Bedingungen wird die langwellige Emission in einer bestimmten Höhe stärker von der lokalen Temperatur bestimmt, was die vertikale Verteilung des nach oben gerichteten Strahlungsflusses verändert.

Im Frühling (April–Mai) zeigt der ARF von CO₂ eine typische Struktur: positiv in den unteren Schichten und negativ in den oberen Schichten. Von der bodennahen bis zur unteren mittleren Troposphäre (etwa 1000–400 hPa) nimmt der ARF mit zunehmender Höhe allmählich von etwa 0,05 W m⁻² ab. Um die mittlere bis obere Troposphäre (~400 hPa) wechselt der ARF von positiv zu negativ und erreicht ein Minimum nahe 100 hPa mit Werten unter -0,1 W m⁻², was auf eine erhöhte Emission von langwelliger Nettostrahlung in den Weltraum hindeutet. Dies bedeutet, dass bei der aktuellen vertikalen CO₂-Verteilung im Frühling die Strahlungsenergie in der unteren Atmosphäre effektiver zurückgehalten wird, während die obere Atmosphäre eine erhöhte Strahlungsemission begünstigt.

Wie in Abbildung 3(a) dargestellt, ist diese vertikale Struktur des ARF hauptsächlich auf die vertikale Verteilung von CO₂ zurückzuführen. Im Frühling sind die CO₂-Konzentrationen in Bodennähe im Allgemeinen höher als der Säulenmittelwert. Dies spiegelt die kombinierten Effekte einer verstärkten biologischen Atmung und einer schwachen Durchmischung der Grenzschicht wider, die eine Anreicherung in der unteren Atmosphäre fördern und die Absorption der nach oben gerichteten langwelligen Strahlung verstärken, was zu einem positiven ARF führt. Im Gegensatz dazu sind die CO₂-Konzentrationen an der Oberhalb der Tropopause deutlich niedriger als der Säulenmittelwert, wodurch die langwellige Absorption reduziert wird und mehr Strahlung in den Weltraum entweichen kann, was zu einem negativen ARF in den oberen Schichten führt. Das gleichzeitige Vorhandensein von Anreicherung in der unteren Atmosphäre und Verarmung in der oberen Atmosphäre führt zu dem ausgeprägten vertikalen Kontrast des CO₂-Strahlungsantriebsreaktionen im Frühling.

Im Gegensatz dazu wird die vertikale Verteilung der CO₂-Strahlungsantriebsreaktionen im Spätsommer bis Herbst (August–Oktober) viel gleichmäßiger, mit einer deutlich geringeren Gesamtstärke. Während dieses Zeitraums ist der ARF in Bodennähe meist schwach negativ und geht mit zunehmender Höhe allmählich in schwach positive Werte über, die in der mittleren bis oberen Troposphäre (etwa 600–200 hPa) ein Maximum von etwa 0,025 W m⁻² erreichen. Oberhalb von 100 hPa wird der ARF wieder schwach negativ, was auf eine viel schwächere Modulation der Strahlungsflüsse durch die vertikale CO₂-Struktur hindeutet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die ARF_{TOA} sowohl für CO₂ als auch für CH₄ für alle 10 Profile im Jahr 2017 negativ ist. Konkret liegt die CO₂-ARF_{TOA} zwischen -0,1168 und -0,0105 W m⁻², während die CH₄-ARF_{TOA} zwischen -0,0337 und -0,0105 W m⁻² liegt. Dies deutet darauf hin, dass Berechnungen, die auf einer gleichmäßigen Verteilung basieren, für die gesamte Atmosphärensäule den ausgehenden langwelligen Strahlungsfluss, der in den Weltraum entweicht, tendenziell unterschätzen.

Quelle: Qin, 2026

Wenn steigende CO₂-Konzentrationen zu einer Strahlungskühlung in der Antarktis und Arktis führen, kann CO₂ kein treibender Faktor für das Abschmelzen der polaren Eisschilde, Gletscher oder des Meereises sein.

Link:

<https://notrickszone.com/2026/08/01/new-research-finds-increasing-co2-induces-cooling-in-the-lower-atmosphere-over-the-arctic/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE