

Antwort

der Bundesregierung

**auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Steffen Kotré, Adam Balten,
Dr. Christoph Birghan, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der AfD
– Drucksache 21/706 –**

Dokumentation, Bewertung und klimapolitische Relevanz langlebiger Kondensstreifen-Zirren (Contrail Cirrus) über Deutschland

Vorbemerkung der Fragesteller

Langlebige Kondensstreifen, auch als Kondensstreifen-Zirren (Contrail Cirrus) bezeichnet, entstehen durch den Flugverkehr in großen Höhen und können sich zu ausgedehnten künstlichen Zirruswolken entwickeln. Unter bestimmten atmosphärischen Bedingungen – insbesondere bei hoher Luftfeuchtigkeit in großen Höhen – breiten sich diese Kondensstreifen horizontal aus und verschmelzen mit benachbarten Streifen. Auf diese Weise bilden sie mitunter großflächige, zusammenhängende Zirruswolkenfelder, die sich über Stunden – bei stabilen Wetterlagen auch über Tage hinweg – am Himmel halten und eine vollständig geschlossene künstliche Wolkendecke bilden können. Diese Wolkenstrukturen verändern die natürliche Wolkenverteilung. Der potenzielle Einfluss solcher Kondensstreifen-Zirren auf die atmosphärische Strahlungsbilanz infolge veränderter Rückstrahlung ist Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Entsprechend der gängigen Rückstrahlungshypothese, in der „(d)er Strahlungsantrieb“, auch „Radiative Forcing“ (RF) genannt, „daher nichts weiter als das Ergebnis eines Gedankenexperiments ist“ (wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Strahlungsantrieb), führt diese zusätzliche Rückstrahlung zur Erwärmung. Hierbei sind die Grundlagen des Strahlungstransports bzw. der Energieumwandlung innerhalb von Materie natürlich unbestritten, jedoch die allgemein unterstellte Intensität des Strahlungsantriebs und damit seiner Wirkung nach Kenntnis der Fragesteller nicht gezeigt und daher anzuzweifeln, wie nun weiter ausgeführt werden soll.

Da das oben genannte Gedankenexperiment zudem noch nie positiv experimentell überprüft werden konnte, müssen die Ergebnisse der Studien, hier eben die angegebenen Rückstrahlungsintensitäten, die auf dieser Rückstrahlungshypothese aufgebaut sind, nach Ansicht der Fragesteller per se angezweifelt werden. Das Ergebnis des Gedankenexperiments muss in den Augen der Fragesteller auch deswegen angezweifelt werden, dass dabei von der Voraussetzung ausgegangen wird, dass sich infrarotaktive Moleküle in der Troposphäre der Erdatmosphäre nicht wie Atomkerne oder hinreichend isolierte Moleküle verhalten, die ihre Anregungsenergie nur durch Strahlung wieder abgeben können (www.leifiphysik.de/atomphysik/atomarer-energieaustausch/grundwissen/energiezustaende-von-atomen). Vielmehr können infrarotaktive

Moleküle die Energie ihrer Rotations- und Schwingungszustände auch durch Stöße mit anderen Molekülen abgeben (eike-klima-energie.eu/2012/08/20/der-anthropogene-treibhauseffekt-eine-spektroskopische-geringfuegigkeit/), insbesondere auch, weil unter normalen atmosphärischen Druckverhältnissen, also bis ca. einer Höhe von 5 000 m, Luftmoleküle nach einer Zeit von 10^{-10} bis 10^{-8} Sekunden zusammenstoßen (www.tec-science.com/de/thermodynamik-waermelehre/kinetische-gastheorie/mittlere-freie-weglange-stosszahl/). Die mittlere Lebensdauer des angeregten Zustandes bis zur Abstrahlung beträgt in Abhängigkeit von der Wellenlänge zwischen 10^{-7} und 10^{-1} Sekunden. Die Chance für eine Relaxation durch Stöße ist somit mindestens um Faktor 10^3 höher als durch spontane Emission. Selbst unter der durchaus vorkommenden Bedingung, dass derart angeregte Ensembles Infrarotstrahlung zur Erdoberfläche emittieren, ist die Intensität als auch die Dauer einer solchen Emission (zeitlich veränderliche Verteilung des Ensembles mit variablem Wärmetransport und veränderlicher Strahlungsbilanz als Folge) unklar. Dies alles macht auch die fehlenden experimentellen Nachweise verständlich.

Darüber hinaus muss beachtet werden, dass die kühlende Wirkung von Wolken in den nachfolgend aufgeführten Untersuchungen unterschlagen, gleichwohl in anderen Untersuchungen die abkühlende Wirkung von Wolken deutlich herausgehoben wird (www.klimareporter.de/erdsystem/aerosole-kuehlenstaerker-als-gedacht). Hierzu sollte nach Auffassung der Fragesteller angemerkt werden, dass durch Aerosole Kondensstreifen entstehen.

Die ausschließliche Beachtung des Rückstrahlungseffektes, der nach Auffassung der Fragesteller experimentell nicht direkt nachgewiesen werden konnte, bei gleichzeitiger Ignoranz der kühlenden Wirkung von Wolken, die jeder Laie fast täglich erlebt, kann nach Auffassung der Fragesteller eigentlich nur mit einer zu einseitigen wissenschaftlichen Betrachtung erklärt werden.

Nachfolgend wird ein Überblick über einige wissenschaftliche Artikel gegeben, die nach Auffassung der Fragesteller fachlich unvollständig und zweifelhaft sind, aber eine Temperaturerhöhung durch Kondensstreifen-Zirren (Contrail Cirrus) vorhersagen.

Die von Wissenschaftlern des Imperial College London geleitete Studie über die Auswirkungen von Kondensstreifen auf den Klimawandel kommt zu dem Schluss, dass moderne Verkehrsflugzeuge, die in höheren Lagen fliegen, langlebigere Kondensstreifen bilden, die angeblich zur globalen Erwärmung beitragen (www.imperial.ac.uk/news/255315/study-planet-warming-contrails-spanner-works-aviation/). Trotz geringerer CO_2 -Emissionen unterstreicht die Studie nach Ansicht der Fragesteller die vorgeblich doppelte Erwärmungswirkung von Kondensstreifen und CO_2 .

Darüber hinaus konstatierten die Wissenschaftler, dass auch Privatjets mehr Kondensstreifen erzeugen als erwartet, was auf ihre höhere Flughöhe zurückzuführen ist. Die Forscher heben hervor, dass eine Verringerung des Rußausstoßes die Lebensdauer von Kondensstreifen verkürzen kann. Die Luftfahrtindustrie stünde damit angeblich vor der Herausforderung, diese Klimaauswirkungen zu mindern.

Entsprechend dem Artikel „Contrail cirrus radiative forcing for future air traffic“ (acp.copernicus.org/articles/19/8163/2019/) werden die Klimaauswirkungen des zukünftigen Flugverkehrs stark von der Bildung von Kondensstreifen-Zirruswolken beeinflusst. Ihre Studien zeigen, dass der globale Strahlungsantrieb dieser Wolken bis 2050 um das Dreifache ansteigen könnte. Diese Zunahme wird durch einen intensiveren Flugverkehr und eine leichte Verlagerung in höhere Flughöhen ausgelöst. Besonders stark ist der Effekt über Ostasien. Emissionseinsparungen, insbesondere weniger Ruß, könnten demnach die Klimaauswirkungen reduzieren. Trotz dieser Maßnahmen könne der Anstieg der Kondensstreifen-Zirren durch Flugverkehrsaufkommen nicht vollständig kompensiert werden, was die Bedeutung von Maßnahmen zur Emissionsreduktion hervorhebe.

Im Artikel „Up to 90 percent fewer condensation trails due to reduced air traffic over Europe“ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) aus

dem Jahr 2020 (www.dlr.de/en/latest/news/2020/02/20200520_fewer-condensation-trails-due-to-reduced-air-traffic) untersuchten die Forscher den reduzierten Flugverkehr und seine Auswirkungen auf Kondensstreifen. Die COVID-19-Pandemie führte zu einem drastischen Rückgang des Flugverkehrs, was die Kondensstreifenbildung über Europa stark reduzierte. Die Forscher des DLR analysierten diesen Effekt anhand von Meteosat-Satellitendaten. Ihre Studien zeigen, dass die Kondensstreifenbildung auf ein Zehntel des Normalbetriebs gesunken ist. Diese Streifen, bestehend aus winzigen Eiskristallen, tragen ihrer Meinung nach zur Klimawirkung des Luftverkehrs bei, jedoch verringert sich ihre Wirkung schnell bei sinkendem Flugverkehr. Die Forscher planen, weitere Satellitendaten zu verwenden, um zu verstehen, wie diese Änderungen den Strahlungshaushalt der Erde beeinflussen.

Eine neue Studie der European Geosciences Union, die sich auch auf die Ergebnisse der DLR-Studie bezieht (www.egu.eu/news/493/climate-impact-of-clouds-made-from-airplane-contrails-may-triple-by-2050/) meint zu zeigen, dass die Klimaauswirkungen von Kondensstreifen-Zirren bis 2050 aufgrund des steigenden Flugverkehrs dreimal so hoch sein könnten wie 2006. Diese Eiswolken, die aus Flugzeugemissionen entstehen, trügen mehr zur Erderwärmung bei als CO₂, werden jedoch in Programmen wie CORSIA ignoriert. Eine Reduzierung von Rußpartikeln könnte die Auswirkungen mindern, jedoch sind große Reduktionen notwendig. Die Umleitung von Flügen könnte kontraproduktiv sein. Die Studie hebt die Wichtigkeit von Maßnahmen zur Rußemissionsreduktion hervor.

Weitere Artikel mit gleicher Intention („Contrail cirrus radiative forcing for future air traffic“ (acp.copernicus.org/articles/19/8163/2019/), „Airplane contrails are a tricky, and surprising, contributor to global warming“ (www.space.com/modern-airplane-contrails-impact-global-warming)) sollen die vorgenannten Annahmen untermauern.

Gleichwohl die wissenschaftlichen Erkenntnisse den Vorgaben aus der Politik zu folgen scheinen, rechtfertigen die möglichen klimatischen Auswirkungen langlebiger Kondensstreifen-Zirren nach Auffassung der Fragesteller eine genauere Beobachtung und Bewertung durch die zuständigen Bundesbehörden. Angesichts wiederholt auftretender regionaler Trockenperioden und veränderter Niederschlagsmuster stellt sich ihnen die Frage, ob diese atmosphärischen Phänomene einen messbaren Einfluss auf die Hydrologie in Deutschland haben können. In diesem Zusammenhang ist in den Augen der Fragesteller zu klären, ob und in welchem Umfang Kondensstreifen-Zirren systematisch erfasst, ausgewertet und im Kontext der bestehenden klimatischen Veränderungen eingeordnet werden. In den Augen der Fragesteller ist aus wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Sicht erforderlich, zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der verstärkten Bildung solcher Wolkenformationen und bestimmten regionalen Wetterveränderungen besteht oder zumindest nicht ausgeschlossen werden kann.

1. Mit welcher Veranlassung stützt sich die Bundesregierung auf Klimastudien, deren Grundlage lediglich eine Hypothese auf Basis eines Ergebnisses eines Gedankenexperiments ist, dessen Aussagekraft nach Ansicht der Fragesteller bisher nie experimentell nachgewiesen wurde (vgl. Vorbemerkung der Fragesteller)?

Die Bundesregierung stützt ihre Klimapolitik auf die Aussagen des Weltklimarats IPCC. Das Konzept des „radiative forcing“ ist in den Berichten des IPCC (z. B. AR5-WG1, Chapter 8, Abschnitt 8.1) erläutert. Als experimentelle Belege dienen die auf Beobachtungen basierenden Untersuchungen, die in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben sind (zum Beispiel „Observational Evidence of Increasing Global Radiative Forcing“, Kramer et al. 2021, *Geophysical Research Letters*; abrufbar unter: <https://doi.org/10.1029/2020GL091585>).

2. Ist der Bundesregierung bekannt, ob in den atmosphärischen Strahlungsmodellen berücksichtigt wird, dass infrarotaktive Moleküle die Energie ihrer Schwingungs- und Rotationszustände auch durch Stöße an nicht infrarotaktive Gase wie Stickstoff- und Sauerstoffmoleküle abgeben können (bitte ausführen)?

In dem atmosphärischen Strahlungsmodell, welches am Deutschen Wetterdienst (DWD) eingesetzt wird, sind die in der Fragestellung angesprochenen Effekte wiedergegeben.

3. Liegen der Bundesregierung Studien vor, die die Nettostrahlungsbilanzen für verschiedene Wolkenformationen über Breitengrade, verschiedene Erd- und Wasseroberflächen sowie Tageszeiten angeben, und wenn ja, welche?

Über die Wirkung von Wolken auf den Strahlungshaushalt existiert ein auf einer Vielzahl wissenschaftlicher Studien basierender Kenntnisstand, der z. B. im IPCC Report Climate Change 2021: The Physical Science Basis dargestellt wird.

4. Wird das Auftreten und die Ausbreitung von langlebigen Kondensstreifen-Zirren über Deutschland bereits durch Bundesbehörden oder Bundesinstitutionen (z. B. Deutscher Wetterdienst, Umweltbundesamt) systematisch beobachtet und dokumentiert?
5. Wenn Frage 4 bejaht wird, seit wann erfolgt diese Beobachtung, und mit welchen Methoden?

Die Fragen 4 und 5 werden gemeinsam beantwortet.

Durch den DWD erfolgt eine generelle Beobachtung der Bewölkung u. a. in internationaler Zusammenarbeit.

6. Welche Erkenntnisse liegen der Bundesregierung ggf. über die Häufigkeit, jahreszeitliche Verteilung und die meteorologischen Bedingungen der Bildung langlebiger Kondensstreifen-Zirren über Deutschland vor?

Eine gezielte systematische Beobachtung von „Kondensstreifen-Zirren“ führt der DWD nicht durch.

7. Welche Auswirkungen auf das regionale Klima – insbesondere auf Temperaturverläufe, Bewölkungsverhältnisse, nächtliche Abkühlung, Sonnenscheindauer und Niederschlagsmuster – sind im Zusammenhang mit langlebigen Kondensstreifen-Zirren der Bundesregierung bekannt oder werden vermutet, und inwiefern wurden nach Kenntnis der Bundesregierung ggf. solche Effekte auch über Deutschland wissenschaftlich beobachtet oder analysiert?

Eine Bestandsaufnahme zum Einfluss der Luftfahrt auf das Klimasystem findet sich im Bericht „Climate Impact of Aviation: Scientific knowledge, developments and measures“ des Umweltbundesamts; abrufbar unter: www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fb_climate_impact_of_a_viation_0.pdf.

8. Gibt es nach Kenntnis der Bundesregierung Hinweise, Bewertungen oder wissenschaftliche Untersuchungen, wonach langlebige Kondensstreifen-Zirren zur Verstärkung oder Veränderung bestimmter Wetterlagen beitragen können (wenn ja, wird um eine Bewertung des Umweltbundesamtes, des Deutschen Wetterdienstes und anderer zuständiger Behörden zu den dokumentierten Klima- und Wetterwirkungen langlebiger Kondensstreifen-Zirren gebeten)?

Der Bundesregierung liegen hierzu keine eigenen Erkenntnisse vor.

9. Plant die Bundesregierung, die nicht-CO₂-basierten Klimawirkungen des Luftverkehrs – insbesondere durch langlebige Kondensstreifen-Zirren – in ihrer nationalen Klimaschutzstrategie sowie in internationalen Verhandlungsprozessen (z. B. Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO), EU-Emissionshandel) einzubeziehen?
13. Dienen die in der Vorbemerkung der Fragesteller aufgezählten Studien, die eine Erwärmungswirkung durch Kondensstreifen-Zirren postulieren, nach Auffassung der Bundesregierung als Grundlage für Verbote, technische Vorgaben, Bepreisungen und Besteuerungen?

Die Fragen 9 und 13 werden gemeinsam beantwortet.

Seit Beginn dieses Jahres müssen Luftfahrzeugbetreiber, die unter den EU ETS fallen, die von ihnen verursachten Nicht-CO₂-Effekte erfassen und berichten. Eine Abgabepflicht, also kostenpflichtige Abgabe von CO₂-Zertifikaten, besteht nicht. In internationalen Verhandlungsprozessen (z. B. ICAO, EU-Emissionshandel) unterstützt die Bundesregierung die Arbeiten zu Nicht-CO₂-Effekten.

10. Wurden im Rahmen einer möglichen Klimaforschung der Bundesregierung oder nachgeordneter Behörden mögliche Beiträge nicht-CO₂-basierter Klimawirkungen des Luftverkehrs – insbesondere durch langlebige Kondensstreifen-Zirren – zu regional verändertem Klima Europas thematisiert, wie sie etwa vom Copernicus Climate Change Service festgestellt wurden, und wenn ja, inwiefern und liegen hierzu wissenschaftliche Bewertungen, Modellierungen oder Untersuchungsergebnisse vor (bitte ggf. ausführen)?

Zu dieser Fragestellung liegen der Bundesregierung keine Studien vor.

11. Liegen der Bundesregierung Erkenntnisse darüber vor, welche nationalen oder internationalen Studien, Forschungsprogramme oder Modellierungsprojekte zur Untersuchung der Entstehung, Ausbreitung, Wirkung und möglichen klimatischen Rückkopplungen langlebiger Kondensstreifen-Zirren derzeit in Planung sind, sich in Durchführung befinden oder abgeschlossen sind (wenn ja, bitte ausführen)?

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat in den 1990er-Jahren eine Reihe von Forschungsprojekten zur Feststellung der Klimawirkung von Kondensstreifen gefördert. Zwischen 2007 und 2010 wurde das Verbundvorhaben Klimaschutz: „Verminderung von Kondensstreifen durch Flugroutenoptimierung“ gefördert. Eine Zusammenstellung von internationalen als auch nationalen Berichten und Projekten erfolgte im Bericht „Overview of historic and on-going work linked to the effects of aviation non-CO₂ emissions on climate change“; abrufbar unter: www.easa.europa.eu/en/research-projects/ancen-nco2.

12. Welche konkreten Maßnahmen werden nach Kenntnis der Bundesregierung auf nationaler oder europäischer Ebene bereits ergriffen oder sind geplant, um die Entstehung und Wirkung langlebiger Kondensstreifen-Zirren zu verringern (z. B. durch Optimierung von Flugrouten und Flughöhen, Einsatz alternativer Flugkraftstoffe, technische Innovationen, regulatorische Vorgaben oder sektorbezogene Forschungsförderung)?

Die Bundesregierung und die deutsche Luftfahrtindustrie arbeiten in mehreren Projekten, wie zum Beispiel einem 100 Flüge Versuch zur Vermeidung von Kondensstreifen durch Optimierung von Flugrouten, zusammen. Auf europäischer und internationaler Ebene gibt es vergleichbare Projekte. Weitere Forschungsvorhaben befassen sich mit dem Einsatz nachhaltiger Flugkraftstoffe oder der Entwicklung emissionsärmerer Flugzeugtriebwerke.

Im Übrigen wird auf die Antwort zu Frage 9 verwiesen.

14. Plant die Bundesregierung eine Besteuerung von Emissionen, welche Kondensstreifen-Zirren zur Folge haben, in Anlehnung an die CO₂-Bepreisung als zentrales klimapolitisches Steuerungsinstrument?

Nein.

Vorabfassung - wird durch die lektorierte Version ersetzt.

Vorabfassung - wird durch die lektorierte Version ersetzt.