



# Es geht um mehr als nur CO<sub>2</sub>

## Flugverkehr muss seine **Gesamtwirkung** auf das Klima reduzieren

Die Auswirkungen des Flugverkehrs auf die Klimaerwärmung wurden bislang stark unterschätzt – sie gehen weit über den Ausstoß von CO<sub>2</sub> hinaus. Wird Kerosin in großer Höhe verbrannt, entstehen dabei Kondensstreifen, Zirkus-Bewölkung und Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>). Diese Effekte sind zwar kurzlebig, tragen aber weit mehr zur Erderwärmung bei als das gesamte bisher von Flugzeugen ausgestoßene CO<sub>2</sub>. Obwohl dies schon seit Jahren bekannt ist, wurden bisher die Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte von der Industrie, Regierungen und der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) als wissenschaftlich zu unsicher abgetan, um notwendige Maßnahmen einzuleiten.

Dies hat dazu geführt, dass der Flugverkehr in der Öffentlichkeit als vergleichsweise geringes Problem wahrgenommen wird, es chronisch an ernsthafter Forschung und Entwicklung von Lösungsansätzen mangelt und der Luftverkehr unzureichend reguliert wird<sup>1</sup>. Die Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte bleiben in allen Berichtssystemen und Gesetzen unberücksichtigt: sowohl in den Inventaren zu nationalen Treibhausgasen für die UN-Klimarahmenkonvention, im Luftfahrt-Abkommen

CORSIA, als auch im EU-Emissionshandelssystem. Darüber hinaus lassen alle aktuellen Bestrebungen zur "Dekarbonisierung" des Flugverkehrs diese Effekte außer Acht. Eine "Dekarbonisierung" reicht nicht: Die Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte würden weder durch Agrartreibstoffe, synthetische Kraftstoffe noch Wasserstoff vollständig beseitigt werden.

**Um die Pariser Klimaziele zu erreichen und Kipppunkte zu vermeiden, ist es wichtig, dass die Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte vollständig anerkannt und sofortige Maßnahmen zu ihrer Minderung ergriffen werden.**

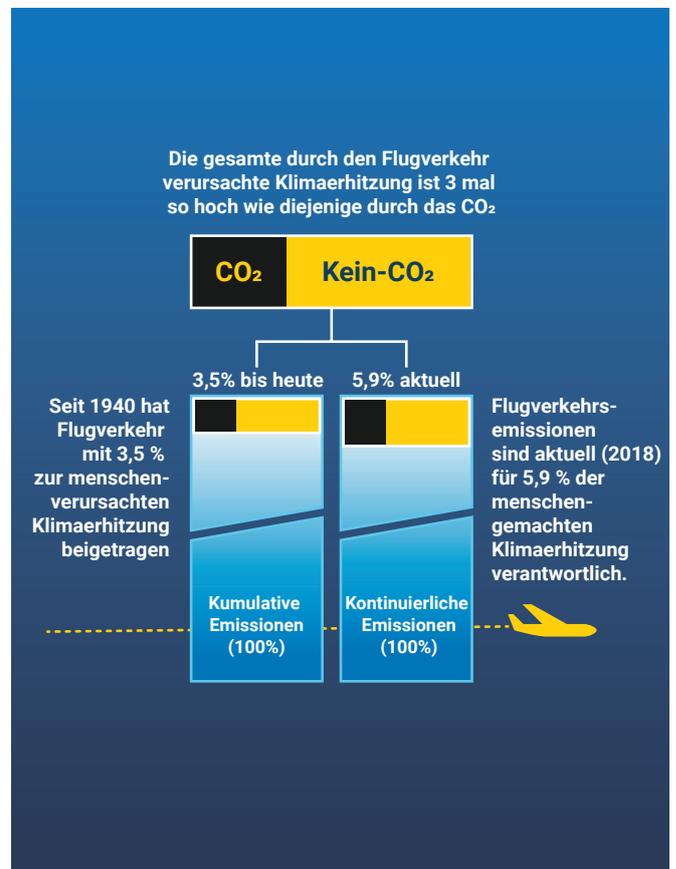
Eine intensivere Forschung zur Klimawirkung des Luftverkehrs ist weiterhin wichtig. Jedoch hat eine neue Studie von 21 der renommiertesten Wissenschaftler\*innen auf diesem Gebiet<sup>2</sup> wichtige Unklarheiten ausgeräumt. Der durch den Corona-Lockdown reduzierte Flugverkehr hat weitere Forschungsergebnisse möglich gemacht<sup>3</sup>. Es gibt somit keine Rechtfertigung dafür, Maßnahmen zur Verringerung der gesamten Klimawirkung von Flügen weiter aufzuschieben.

### DIE FAKTEN

- DIE GESAMTE DURCH DEN FLUGVERKEHR VERURSACHTE KLIMAERWÄRMUNG IST CIRCA DREIMAL SO HOCH WIE DIEJENIGE DURCH DAS CO<sub>2</sub> ALLEIN.**

Wie das IPCC bereits 1999 feststellte, tragen anhaltende Kondensstreifen, luftfahrtinduzierte Zirkuswolken sowie Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), obwohl sie von kurzer Dauer sind, wesentlich mehr zur Erderwärmung bei als die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Luftverkehrs für sich gerechnet. Der Beitrag des Flugverkehrs zur Erderwärmung, gemessen als Strahlungsantrieb<sup>4</sup> von 1750 bis heute, wurde vom IPCC geschätzt und wird regelmäßig durch die wissenschaftliche Forschung aktualisiert.

Im September 2020 veröffentlichten 21 führende Wissenschaftler\*innen eine Neubewertung, welche den effektiven Strahlungsantrieb von Nicht-CO<sub>2</sub>-Komponenten berücksichtigt. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass die heutige Klimawirkung des Flugverkehrs etwa dreimal so groß ist wie die einzeln betrachtete Wirkung des gesamten akkumulierten CO<sub>2</sub>, welches seit Beginn der Luftfahrt durch Flugzeuge emittiert wurde und weiterhin in der Atmosphäre verbleibt. Dieser effektive Strahlungsantrieb, der zum



einen durch das akkumulierte CO<sub>2</sub>, zum anderen durch die kurzlebigen Nicht-CO<sub>2</sub>-Komponenten verursacht wird – welche an jedem Tag, an dem weiter geflogen wird, wieder neu entstehen – hat bisher mit **etwa 3,5 % zur gesamten anthropogenen Erderhitzung**<sup>5</sup> beigetragen. Dabei entfallen ein Drittel auf CO<sub>2</sub>- und zwei Drittel auf Nicht-CO<sub>2</sub>-Quellen.

Die Studie untersuchte auch die unmittelbaren und voraussichtlich zukünftigen Auswirkungen der aktuellen Luftverkehrsaktivität mithilfe einer neu entwickelten Methode<sup>6</sup>. Diese kombiniert die Erwärmungseffekte der kurzlebigen Nicht-CO<sub>2</sub>-Beiträge mit denen des langlebigen CO<sub>2</sub>. Das Resultat: Für das Jahr 2018 betrug der gesamte CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch Flugzeuge 1 Gigatonne (Gt), während die nicht-CO<sub>2</sub>-Erwärmungseffekte das Emissions-Äquivalent von weiteren 2 Gt CO<sub>2</sub> darstellten. Auch eine Studie der Europäischen Agentur für Flugsicherheit EASA und die darauf aufbauende Analyse der EU-Kommission stellten im November 2020 fest<sup>7</sup>: **Die Klimawirkung von Flügen ist circa dreimal die des CO<sub>2</sub>.**

## 2. **DERZEIT (2018) IST DER LUFTVERKEHR VON DER ÖLQUELLE BIS HIN ZUM FLUG FÜR 5,9 % DER GESAMTEN VOM MENSCHEN VERURSACHTEN KLIMAERHITZUNG VERANTWORTLICH.**

Jahrelang behauptete die Luftfahrtindustrie, auf den Sektor würden lediglich 2 % der vom Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen entfallen<sup>8</sup> – eine Zahl, die immer wieder angeführt wurde, um den Handlungsbedarf herunterzuspielen. Tatsächlich sind bereits die CO<sub>2</sub>-Emissionen erheblich höher: Sie belaufen sich laut der oben genannten Studie<sup>9</sup> auf 2,4 % des gesamten anthropogen bedingten CO<sub>2</sub>, der 2018 weltweit ausgestoßen wurde, und sogar auf 2,9 %, wenn CO<sub>2</sub> aus Herstellung und Vertrieb des Kerosins berücksichtigt wird. **Rechnet man die Nicht-CO<sub>2</sub>-Klimawirkungen des Fliegens hinzu, kommen wir auf einen Beitrag des Flugverkehrs von 5,9 % des Erderwärmungseffekts aller vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen im Jahr 2018**<sup>10</sup>. Das ist enorm viel, denn **diese Auswirkungen werden von einem kleinen Teil der Menschheit verursacht: Über 80 % der Weltbevölkerung saßen noch nie in einem Flugzeug**<sup>11</sup>. Demgegenüber steht 1 % der Bevölkerung, das die Hälfte aller Flugemissionen verursacht<sup>12</sup>.

## 3. **DIE REDUKTION DES FLUGVERKEHRS SENKT DIE NICHT-CO<sub>2</sub>-KLIMAWIRKUNG.**

Dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen mit dem Faktor 3 multipliziert werden müssen, um die Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen zu berücksichtigen, ist eine Folge des starken Wachstums der Luftfahrt. Blicke der Flugverkehr auf dem gleichen Niveau, dann wäre die tägliche Erderwärmung durch kurzlebige Kondensstreifen und Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) weitestgehend konstant. Gleichzeitig würde die CO<sub>2</sub>-Menge weiter anwachsen und selbst beim Stopp des gesamten Luftverkehrs das Klima noch über Hunderte von Jahren erhitzen. Bei einer Verringerung des Flugverkehrs jedoch nehmen die kurzlebigen Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte ab: Die daraus resultierende verlangsamte

**Erwärmung wäre gleichbedeutend mit dem Entzug großer Mengen CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre**<sup>13</sup>. Daher wird sich jede Anstrengung zur Verringerung des Verkehrsaufkommens, kombiniert mit Maßnahmen zur Minderung der Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte, als außerordentlich wirkungsvoll erweisen.

## 4. **NICHT-CO<sub>2</sub>-EFFEKTE TECHNISCH UND OPERATIV ZU VERRINGERN IST MÖGLICH – MIT POLITISCHEM WILLEN.**

Es ist möglich, Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte durch operative oder technische Verbesserungen zu beseitigen oder zu reduzieren:

- Untersuchungen zeigen, dass ein Großteil der Kondensstreifenbildung unterbunden werden könnte, indem **die Flugrouten an meteorologische Bedingungen angepasst und Nachtflüge vermieden werden**<sup>14</sup>. Der Nutzen für das Klima wäre sofort spürbar. Das geringe zusätzliche CO<sub>2</sub>-Aufkommen durch dadurch eventuell höheren Treibstoffverbrauch ließe sich durch schärfere Maßnahmen zur Reduktion der Gesamtemissionen wieder ausgleichen.
- Der Einsatz der bereits verfügbaren Magermotor-Technologie könnte den CO<sub>2</sub>-Ausstoß verringern und gleichzeitig **die Stickoxid-Emissionen weiter senken**<sup>15</sup>.
- Die **Begrenzung der Rußemissionen** von Flugzeugtriebwerken kann die Bildung von Kondensstreifen und induzierten Zirruswolken vermindern<sup>16</sup>.

## WAS GETAN WERDEN MUSS:

1. Vollständige Einberechnung der Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte, sowohl von der Industrie, Institutionen und Regierungsbehörden wie auch von der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen im Hinblick auf das Pariser Klimaabkommen.
2. Umsetzung bekannter Maßnahmen zur Eindämmung der Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte, wie zum Beispiel die Kondensstreifenvermeidung und der Einsatz von Magermotoren, zusätzlich zu der Verminderung von CO<sub>2</sub>.
3. Verstärkte und geförderte Forschung und Entwicklung operativer und technologischer Verbesserungen, welche der Reduktion von Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekten gleiches Gewicht wie der Reduktion von CO<sub>2</sub> verleihen.
4. Der Flugbetrieb darf nicht auf das Vor-Corona-Niveau zurückkehren. Dementsprechend müssen staatliche Rettungsaktionen, Fördermittel, fehlende Steuern, sowie der Bau und Ausbau von Flughäfen ein Ende finden. Maßnahmen zur tiefgreifenden, nachhaltigen Verringerung von Flügen sowie einem entsprechenden Ersatz durch Alternativen wie Bahnverkehr und nachhaltig angetriebenen Schiffen müssen zeitnah umgesetzt werden.

## ENDNOTEN & LITERATUR

<sup>1</sup> Bill Hemmings (2019): Why is aviation's true climate impact being kept under the radar?: <https://www.transportenvironment.org/news-room/blog/why-aviation%E2%80%99s-true-climate-impact-being-kept-under-radar>

<sup>2</sup> Lee, D.S., Fahey, D.W., Skowron, A., Allen, M.R., Burkhardt, U., Chen, Q., Doherty, S.J., Freeman, S., Forster, P.M., Fuglestedt, J., Gettelman, A., De León, R.R., Lim, L.L., Lund, M.T., Millar, R.J., Owen, B., Penner, J.E., Pitari, G., Prather, M.J., Sausen, R., Wilcox, L.J. (2020): The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018, Atmospheric Environment: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>

<sup>3</sup> Quaas, J., Gryspeerdt, E., Vautard, R., Boucher, O. (2021): Climate impact of aircraft-induced cirrus assessed from satellite observations before and during COVID-19, Environmental Research Letters: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abf686>

<sup>4</sup> Der Strahlungsantrieb steht in direkter Verbindung mit der Temperaturveränderung der Atmosphäre.

<sup>5</sup> Vgl. Lee et al., Fußnote 2, Abstract.

<sup>6</sup> Treibhauspotential-Methode: vgl. Lee et al., Fußnote 2, 6. Emissions-Äquivalenzmaß.

<sup>7</sup> Europäische Kommission (2020): Updated analysis of the non-CO<sub>2</sub> effects of aviation. [https://ec.europa.eu/clima/news/updated-analysis-non-co2-effects-aviation\\_en](https://ec.europa.eu/clima/news/updated-analysis-non-co2-effects-aviation_en)

<sup>8</sup> IATA (2020): Working towards ambitious targets: <https://web.archive.org/web/20200818061729/https://www.iata.org/en/programs/environment/climate-change/>

<sup>9</sup> Lee et al., Fußnote 2 (2. Global aviation growth) schätzen, dass die derzeitigen (2018) CO<sub>2</sub>-Emissionen der Luftfahrt etwa 2.4% der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen darstellen (inkl. der Flächennutzungsänderung). Darüber hinaus belaufen sich die vorgelagerten CO<sub>2</sub>-Emissionen hinsichtlich der Herstellung und des Vertriebs von Kerosin (WTT= Well to tank) auf ca. 20% des CO<sub>2</sub>, welches bei der Verbrennung entsteht (Der Emissionsfaktor für die Scope-3 Berichtserstattung beträgt +20% in Frankreich und +21% in Großbritannien: <http://www.bilans-ges.ademe.fr/>, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2018>).

<sup>10</sup> Diese Kennzahl von 5.9% sollte nicht mit den oben zitierten 3.5% verwechselt werden. Sie unterscheiden sich folgendermaßen: Letztere misst den historischen Beitrag des Flugverkehrs zur globalen Erhitzung - welche wir heute feststellen - um das gesamte von der Luftfahrt verursachte CO<sub>2</sub> zu berücksichtigen, welches seit Beginn des Fliegens bis in die Gegenwart angefallen ist. Erstere wiederum bewertet den Beitrag der Luftfahrt zu den heutigen Treibhausgasemissionen und ihrer voraussichtlichen Klimawirkung in der Zukunft. Die Differenz zwischen den beiden widerspiegelt den wachsenden Anteil des Flugverkehrs an den globalen Gesamtemissionen.

Details der Herleitung: 5.9% ist das Ergebnis unserer eigenen Berechnung und fußt auf den CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen für das Jahr 2018 von veröffentlichten Daten:

$3.3 / (54 + 2.1) = 3.3 / 56.1 = 5.9\%$  (Fehlerrange: 3.1, 7.7%)

Zähler (Luftfahrt): 3.3 Gt CO<sub>2</sub>-e\*, d.h. 3 Mal die 1.03 Gt CO<sub>2</sub> Emissionen (Lee et al., Fußnote 2, Tabelle 5) + 0.2 Gt für WTT (Fußnote 7)).

Nenner (insgesamt anthropogen): 54 Gt CO<sub>2</sub>-e\* + 2.1 Gt CO<sub>2</sub>-e\* Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte des Flugverkehrs, die derzeit nicht in den globalen Treibhausgasemissionen berücksichtigt sind.

54 Gt CO<sub>2</sub>-e\* (basierend auf der Treibhauspotential-Methode100\*) wurde abgeleitet von der auf der Standard-Treibhauspotential-Methode100 beruhenden Schätzung von 56 Gt CO<sub>2</sub>-e (https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-trends-in-global-co2-and-

total-greenhouse-gas-emissions-2019-report\_4068.pdf) unter Anpassung der Methan-Emissionen um -2 Gt CO<sub>2</sub>-e (Allen M.R. et al. (2018): A solution to the misrepresentations of CO<sub>2</sub>-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation: <https://www.nature.com/articles/s41612-018-0026-8>, Abb. 2)

<sup>11</sup> Boeing CEO (2017): Over 80% of the world has never taken a flight. We're leveraging that for growth: <https://www.cnbc.com/2017/12/07/boeing-ceo-80-percent-of-people-never-flown-for-us-that-means-growth.html> ;

IEEP (2019): Linking aviation emissions to climate justice: <https://ieep.eu/news/linking-aviation-emissions-to-climate-justice>

<sup>12</sup> Gössling, S., Humpe, A. (2020): The global scale, distribution and growth of aviation: Implications for climate change, Global Environmental Change: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378020307779>

<sup>13</sup> 2018 befanden sich 67 Gt CO<sub>2</sub>-Äquivalente an kurzlebigen Nicht-CO<sub>2</sub>-Komponenten in der Atmosphäre, d. h. zwei Mal die Menge an CO<sub>2</sub>, welche der Flugverkehr seit 1940 ausgestoßen hat (Gemäß Lee et al., Fußnote 2, betrug der effektive netto-Strahlungsantrieb von Nicht-CO<sub>2</sub>-Komponenten 66.6 mW/m<sup>2</sup> im Jahr 2018 und 1 mW/m<sup>2</sup> ist äquivalent zu 1 Gt CO<sub>2</sub>).

<sup>14</sup> Teoh, R., Schumann, U., Majumdar, A., Stettler, M. (2020): Mitigating the Climate Forcing of Aircraft Contrails by Small-Scale Diversions and Technology Adoption: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b05608>; Teoh, R., Schumann, Stettler, M. (2020): Beyond Contrail Avoidance: Efficacy of Flight Altitude Changes to Minimise Contrail Climate Forcing: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b05608>; Royal Aeronautical society (2020): Greener by design 2018-2019, Atmospheric science (s. 16-21): <https://www.aerosociety.com/media/12007/greener-by-design-report-2018-2019.pdf>; Scheelhaase, J.D. (2019): How to regulate aviation's full climate impact as intended by the EU council from 2020 onwards: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096969971830334X>

<sup>15</sup> CE Delft (2008): Lower NO<sub>x</sub> at Higher Altitudes - Policies to Reduce the Climate Impact of Aviation NO<sub>x</sub> Emission: [https://www.cedelft.eu/publicatie/lower\\_nox\\_at\\_higher\\_altitudes/916](https://www.cedelft.eu/publicatie/lower_nox_at_higher_altitudes/916)

<sup>16</sup> Die Verringerung der Rußzahl-Emissionen um 50% führt zu einer wesentlichen Reduktion der optischen Dicke und Bedeckung der Kondensstreifen-Zirren, was wiederum einen Rückgang des Strahlungsantriebs um ca. 15% zur Folge hat. Vgl. Bock, L., Burkhardt, U. (2019): Contrail cirrus radiative forcing for future air traffic: <https://acp.copernicus.org/articles/19/8163/2019/>

Bremer Straße 3  
21073 Hamburg  
www.robinwood.de  
info@robinwood.de

**ROBIN WOOD**

Neustiftgasse 36  
1070 Wien, Austria  
www.stay-grounded.org  
info@stay-grounded.org

**STAY  
GROUNDED**



Wir freuen uns über Spenden:  
[stay-grounded.org/donation/](https://stay-grounded.org/donation/)