

HINTERGRUNDPAPIER

Die vergessenen Klimaschäden des Flugverkehrs

Die Klimaschäden des Flugverkehrs werden zu ca. zwei Dritteln von Nicht-CO₂-Effekten verursacht. Germanwatch formuliert Vorschläge für eine präzise und faire Erfassung und Reduktion.

Nach wissenschaftlicher Kenntnis verursachen Nicht-CO₂-Effekte ca. zwei Drittel der Klimaauswirkungen des Flugverkehrs. Diese **Nicht-CO₂-Effekte werden bislang unzureichend in den Bemühungen der Wirtschaft und der Politik für einen klimakompatibleren Flugverkehr beachtet**. Sie müssen aber vollständig erfasst und reduziert werden, um die Klimagrenzen entsprechend des Pariser Klimaabkommens einzuhalten und Wettbewerbsverzerrungen zwischen den Verkehrsmitteln zu beenden. Ein wissenschaftlich und praktisch getestetes Modell zur fluggenaue Erfassung der Nicht-CO₂-Effekte liegt vor und kann in bestehende Politikinstrumente wie das EU-Emissionshandelssystem (EU-EHS) integriert werden, ohne die Industrie oder Verwaltung mit zusätzlicher Datenerhebung zu belasten.

Handlungsempfehlungen

Um die signifikanten Nicht-CO₂-Effekte im Flugverkehr zügig und wirksam zu reduzieren, empfehlen wir der Bundesregierung folgende Maßnahmen:

- Das Europaparlament schlägt vor, ein System zur Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung von Nicht-CO₂-Effekten einzuführen ([P9_TA\(2022\)0230, Amendment 51](#)) und darauf aufbauend eine fluggenaue Bepreisung im Rahmen des EU-Emissionshandelssystems (EU-EHS) durchzusetzen. Dieser Vorschlag sollte von der Bundesregierung in den Trilog-Verhandlungen aktiv unterstützt werden. Durch eine fluggenaue Bepreisung werden Fluggesellschaften belohnt, wenn sie Flugrouten wählen, die Nicht-CO₂-Effekte reduzieren. Dadurch können diese signifikanten Klimaschäden effektiv gemindert werden.
- Produktion und Verwendung von *Sustainable Aviation Fuels* (SAFs) sollten durch eine früh einsetzende und schnell ansteigende Quote gefördert werden, zunächst mit 0,3% ab 2025 und 2,5% bis 2030. Eine Subquote sollte das besonders saubere E-Kerosin mit mind. 0,1% ab 2025 und mind. 2% bis 2030 fördern.
- Um die Nicht-CO₂-Effekte bei fossilen Brennstoffen so gering wie möglich zu halten, sollte der Anteil an Aromaten (Kohlenwasserstoffe, die zur Entstehung von Ruß, Eiskristallen und Kondensstreifen beitragen) bereits jetzt auf 8% gesenkt werden. Darüber hinaus sollten weitere Anreize gesetzt werden, Kerosin durch *Hydrotreating* von Nitraten und Schwefelteilchen zu reinigen.
- Alternativen zum Flugverkehr sollten systematisch aufgebaut und gefördert werden, um Flüge zu reduzieren.

Der **aktuelle Vorschlag des Europäischen Parlaments für ein System zur Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung von Nicht-CO₂-Effekten** ([P9_TA\(2022\)0230, Amendment 51](#)) leistet dies. **Daher sollte die Bundesregierung diesen Vorschlag in den Trilog-Verhandlungen aktiv unterstützen.**

Damit würde die Politik auch den Wünschen der Bevölkerung folgen, die Klimaauswirkungen des Flugverkehrs genauso einzupreisen wie bei anderen Verkehrsmitteln. In einer [Umfrage](#) in der EU aus dem Jahr 2019 zur möglichen Einführung einer Kerosinsteuern waren rund 72% der Befragten dafür, in Deutschland waren es 71%. Auch global wünscht sich eine Mehrheit der Flugpassagiere (73%), dass die Luftfahrtindustrie sich in Zukunft auf die Verringerung ihrer Klimaauswirkungen konzentriert, wie eine [Umfrage der International Air Transport Association \(IATA\)](#) aus dem Jahr 2021 zeigt.

Nicht-CO₂-Effekte fehlen in bestehenden Richtlinien

Bereits 1999 berichtete der Weltklimarat IPCC in seinem Report „[Aviation and the Global Atmosphere](#)“ über die Nicht-CO₂-Effekte des Flugverkehrs. Nach heutigen Kenntnissen **ist ihr Wärmeeffekt auf das Klima zwei- bis mehr als fünfmal so groß wie der von CO₂-Emissionen**. Nicht-CO₂-Emissionen umfassen Stickoxide, Rußpartikel, Schwefeldioxid und Wasserdampf. Gerade Kondensstreifen aus Wasserdampf haben einen [signifikanten Klimaeffekt](#). Insbesondere bei niedrigen Temperaturen und in großen Höhen von 8.000–12.000 Metern, in sogenannten eisübersättigten Regionen der Atmosphäre, können sich Kondensstreifen zu großflächigen Zirruswolken entwickeln. Diese Eiswolken spiegeln die Wärmeabstrahlung der Erde zurück und haben damit einen erheblichen Treibhauseffekt. Auch der Ausstoß von Stoffen wie [Rußpartikeln und Stickoxiden](#) hat unterm Strich einen erwärmenden Klimaeffekt, zusätzlich zur langfristigen Luft- und Umweltverschmutzung.

Das EU-EHS, das seit 2012 auch den Flugverkehr erfasst, berücksichtigt bisher jedoch ausschließlich den Ausstoß von CO₂. Damit werden mindestens zwei Drittel der Klimaauswirkungen des Flugverkehrs nicht berücksichtigt. Und selbst die CO₂-Emissionen werden nur teilweise erfasst, denn das EHS umfasst bislang nur innereuropäische Flüge. Durch die kostenlose Zuteilung von CO₂-Zertifikaten reduziert es außerdem Anreize für Unternehmen, den Umbau hin zu klimaneutralen Prozessen voranzutreiben. Die Reform des EHS ist daher dringend nötig. Neu gesetzte Ziele, wie das Ersetzen fossiler Brennstoffe durch CO₂-neutrale, nachhaltige Alternativen (*Sustainable Aviation Fuels*), würden Nicht-CO₂-Effekte zwar reduzieren, aber nicht vollständig eliminieren. Um diese möglichst auf annähernd Null zu bringen, braucht es weitere Maßnahmen, wie die Umleitung der Flüge auf tiefere Höhen, eine Berücksichtigung kalter Wetterlagen und die Eindämmung des Wachstums des Flugverkehrs insgesamt, bspw. durch Ausbau des klimafreundlicheren Schienennetzes.

Empfehlungen zur Regulierung, Vorschläge zur Eindämmung

Die Luftfahrtwirtschaft kann und muss die Nicht-CO₂-Effekte reduzieren. Hierfür stehen einfache Möglichkeiten zur Verfügung. Die Politik, auf EU- wie auch auf nationaler Ebene, sollte hierzu folgende Maßnahmen ergreifen.

1. Erfassen

Die Erhebungsmethoden für Nicht-CO₂-Effekte unterscheiden sich von denjenigen für CO₂-Emissionen. Denn **Nicht-CO₂-Effekte hängen anders als CO₂-Effekte davon ab, wann und wo die Emissionen ausgestoßen werden**. Eine fluggenaue Erfassung der Effekte ist laut eines Forschungsprojektes des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des Umweltbundesamtes (UBA), bei dem

380 Forschungsflüge durchgeführt wurden, mit einem **vernachlässigbaren Mehraufwand der Datenerhebung** möglich. Die Datenerfassung sollte hierbei folgende Faktoren in Betracht ziehen:

- Brennstoffdurchfluss,
- Masse des Luftfahrzeugs,
- Umgebungsfeuchtigkeit,
- Breitengrad, Längengrad, Zeit und Höhe des Luftfahrzeugs in der Luft,
- Umgebungstemperatur.

Des Weiteren ist die Art des verwendeten Treibstoffs relevant, da der Reinheitsgrad des Treibstoffs auch signifikante Auswirkungen auf die Nicht-CO₂-Effekte des Luftfahrzeugs hat. All diese Daten werden bereits durch die Flugunternehmen bzw. Wetterdienste erfasst, weswegen eine zusätzliche Datenerhebung nicht nötig ist. Aus den gewonnenen Daten lassen sich – basierend auf der oben erwähnten [Studie von UBA und DLR](#) – die CO₂-Äquivalente pro Flug durch standardisierte Software einfach errechnen. Dafür sollte die EU beschließen, ein System zur Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung (Measurement, Reporting and Verification – MRV) für Nicht-CO₂-Emissionen einzuführen, analog zum bestehenden MRV-System für CO₂-Emissionen im Rahmen der EHS-Richtlinie. Ein [solcher Vorschlag](#) wurde am 8. Juni 2022 im **Europaparlament (EP)** in Bezug auf den **Kommissionsvorschlag zur Überarbeitung des EU-EHS für den Flugverkehr** verabschiedet. Die Erhebung und die Veröffentlichung dieser Daten bilden die zentrale Grundlage, um die Effekte im nächsten Schritt zu reduzieren und schließlich zu vermeiden. Umgehende freiwillige Maßnahmen der Luftfahrtwirtschaft sind wünschenswert, können eine konsequente Rahmensetzung durch die EU jedoch nicht ersetzen.

2. Bepreisen

Für eine effektive und effiziente Bepreisung von Nicht-CO₂-Effekten bietet sich das **EU-EHS** an. Das stellt auch das EU-Parlament fest. Für jede Tonne CO₂-Äquivalent müssten Airlines eine entsprechende Menge Zertifikate nachweisen. Eine fluggenaue Bepreisung würde gezielt Anreize für Fluggesellschaften setzen, die Emissionen besonders bei den Flügen zu reduzieren, die den größten Klimaschaden verursachen – und damit auch die höchsten Kosten. Im Zusammenspiel mit den Maßnahmen zur Eindämmung (siehe Punkt 3: Eindämmen) kann das die Klimaschäden durch den Flugverkehr effektiv verringern und die existierende Wettbewerbsverzerrung zwischen den Verkehrsmitteln reduzieren.

Der Vorschlag des EU-Parlaments sollte allerdings an zwei zentralen Stellen weiterentwickelt werden:

- Das EU-Parlament fordert die Europäische Kommission auf, bis Ende 2026 einen Vorschlag vorzulegen, um Nicht-CO₂-Effekte anschließend im EHS einzubeziehen. Eine **Abgabepflicht** basierend auf fluggenauer Erfassung kann und sollte aber **bereits ab 1. Januar 2025** in die EHS-Richtlinie aufgenommen werden.
- Für den Fall einer Verzögerung der fluggenauen Bepreisung sollte auf CO₂-Emissionen **bereits ab 2025 ein Faktor 3** (statt wie vom EP vorgeschlagen ab 31. Dezember 2027 ein Faktor von 1,8 – jährlich aufsteigend bis zu Faktor 2 ab 31. Dezember 2029) in das EHS aufgenommen werden. Dieser Faktor entspricht der wissenschaftlichen Kenntnis, dass nur ein Drittel der Klimaschäden des Flugverkehrs durch CO₂-Emissionen ausgelöst wird, und sollte laufend nach Stand der Wissenschaft angepasst werden.

3. Eindämmen

Zusätzlich zur Bepreisung lassen sich die Klimaauswirkungen der Nicht-CO₂-Effekte durch zielgerichtete Maßnahmen reduzieren.

1. Indem eisübersättigte Regionen in der **Routenführung** vermieden werden, zum Beispiel durch tieferes Fliegen oder das Umfliegen von relevanten Wetterlagen, lässt sich insbesondere die

Bildung von großflächigen Zirruswolken reduzieren. Hierfür muss die Bepreisung fluggenau errechnet werden, denn das schafft Anreize für Fluggesellschaften, Nicht-CO₂-Effekte zu reduzieren, die ja flugabhängig sind. Studien ([Matthes et al., 2021](#); [Castino et al., 2021](#)) zeigen, dass Flüge, die eisübersättigte Lufträume vermeiden, trotz ihrer etwas längeren Flugroute und dadurch möglicherweise leicht steigendem CO₂-Ausstoß dennoch deutlich klimafreundlicher sind. Auch raum- oder zeitabhängige Flugverbotszonen könnten hier eine lenkende Wirkung haben.

2. Bis ein substanzieller Anteil von SAFs in den Brennstoffen des Flugverkehrs erreicht wurde, gilt es, die besonders schädlichen Aromaten im Kerosin zu reduzieren. Aromaten sind ringförmige Kohlenwasserstoffe, die zur Entstehung von Ruß, Eiskristallen und Kondensstreifen beitragen. Eine unmittelbare Senkung der Anteile von Aromaten in fossilen Brennstoffen kann durch *Hydrotreating* erreicht werden. *Hydrotreating* ist ein einfach durchführbarer Prozess, der die Kerosinpreise nur leicht anheben würde. Allerdings fehlen hierfür bislang die politischen Anreize, deswegen werden gegenwärtig nur wenig fossile Brennstoffe durch *Hydrotreating* behandelt. Nach dem Beschluss des Europäischen Parlaments sollen Kraftstofflieferanten und die Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA) ab sofort über den Gehalt an Aromaten, Naphthalin und Schwefel berichten. Außerdem soll die Kommission bis 1. Januar 2024 Regulierungsvorschläge unterbreiten, und der Anteil der Aromaten soll so weit wie möglich reduziert werden. Zurzeit liegt die Maximalbegrenzung des Anteils der Aromaten im Kerosin bei 25%, während ein Kerosinmix in der Praxis meistens einen Aromatenanteil von 15 bis 20% aufweist. Um der Industrie mehr Anreize zu verschaffen, Kerosin mit *Hydrotreating* zu behandeln, sollte der Anteil der Aromaten im Kerosin ab 2023 auf 8% begrenzt werden. Das ist nach derzeitigen Kraftstoffstandards das Mindestmaß, um eine Kompatibilität mit den Kraftstoffsystemen an Bord von Flugzeugen weiterhin zu gewährleisten. Zusätzlich sollte erforscht werden, wie man den Anteil weiter reduzieren kann. Erste positive Forschungsergebnisse (CE Delft, 2022) zeigen, dass das aussichtsreich ist.
3. SAFs reduzieren nicht nur CO₂-Emissionen, sondern auch Nicht-CO₂-Effekte, denn sie enthalten keine Aromaten und erzeugen dadurch weniger Eiskristalle in den Kondensstreifen. Eine **Quote für SAFs** ist daher sinnvoll. Ein entsprechender Vorschlag wurde von der Europäischen Kommission schon gemacht und durch das Europäische Parlament im Ambitionsniveau gestärkt. Die Quote sollte allerdings – basierend auf den bereits getätigten Produktionszusagen der Industrie und deshalb ambitionierter als im Vorschlag der Kommission – zunächst bei 0,3% ab 2025 und 2,5% bis 2030 liegen. Eine E-Kerosin-Quote sollte eingeführt werden mit mind. 0,1% ab 2025 und 2% bis 2030.

Die oben beschriebenen Maßnahmen allein führen nachzeitigem wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht dazu, dass sich die Nicht-CO₂-Effekte spätestens bis in die 2040er Jahre auf annähernd Null reduzieren. Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass durch Maßnahmen wie die direkte CO₂-Entnahme aus der Luft die hohen indirekten Klimaeffekte des Luftverkehrs vollständig zu akzeptablen Kosten ausgeglichen werden können, bedarf es zusätzlicher Maßnahmen und politischer Rahmensetzung zur Eindämmung des Wachstums und wo möglich zur **Reduzierung von Flugbewegungen**. Hierzu gehört für den innereuropäischen Verkehr insbesondere die Stärkung von Alternativen zum Flugverkehr, wie ein massiver Ausbau des Schienennetzes und von Langstreckenzugverbindungen, schnellen Schiffspassagen und digitalen Konferenzformaten. Um den *Modal Shift* zu klimafreundlicheren Verkehrsmitteln anzureizen, müssen u.a. existierende Wettbewerbsverzerrungen zwischen den Verkehrsmitteln durch versteckte und klimaschädliche Subventionen für den Flugverkehr beendet werden.

Literatur

- CarbonBrief, 15.03.2017: [Explainer: The challenge of tackling aviation's non-CO2 emissions](#)
- Castino et al., 2021: https://elib.dlr.de/185606/1/Castino_et_al_sids_2021_paper_81.pdf
- CE Delft, 2022: [Potential for reducing aviation non-CO2 emissions through cleaner jet fuel](#)
- Dahlmann, 2021: [Climate assessment of single flights: Deduction of route specific equivalent CO2 emissions](#)
- EASA, 2020: [Updated analysis of the non-CO2 climate impacts of aviation and potential policy measures pursuant to the EU Emissions Trading System Directive Article 30\(4\)](#)
- Energypost, 14.04.2022: [Aviation policy alert: non-CO2 emissions have up to four times the climate impact](#)
- European Parliament, 2022: [Fit for 55: Transport MEPs set ambitious targets for greener aviation fuels](#)
- European Commission, 2020: [Updated analysis of the non-CO2 effects of aviation](#)
- Germanwatch, 1999: [Fliegen gefährdet das Klima. Problemdarstellung und Handlungsmöglichkeiten für die nächsten Jahrzehnte](#). Forum Umwelt & Entwicklung, Bonn.
- IPCC, 1999: [Aviation and the Global Atmosphere](#)
- Lee, 2020: [The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018](#)
- Lucas, Treber 2021: [CO2-neutral ist nicht gleich klimaneutral! Fliegen aus Klimasicht](#)
- Matthes et al., 2021: [Mitigation of non-CO2 aviation's climate impact by changing cruise altitudes](#)
- Renewable Carbon, 2021: [Significantly lower climate impact of contrails when using sustainable fuels](#)
- T&E, 2022: [Analysis of green jet fuel production in Europe](#)
- T&E, 2022: [Roadmap to climate neutral aviation in Europe](#)
- Transport&Environment, 2020: [Experts pin down aviation's true climate impact](#)
- Treber, 2021: [Klimaschutz und Konnektivität: Die große Transformation im europäischen Schienenpersonenfernverkehr](#).
- UBA, 2022: [Interim Report – Decision parameters for integrating non-CO2 aviation effects into EU ETS](#)
- Umweltbundesamt, 2019: [Integration of Non-CO2 Effects of Aviation in the EU ETS and under CORSIA](#)
- Umweltbundesamt, 2019: [Umweltschonender Luftverkehr](#)
- Voigt et al., 2021: [Cleaner burning aviation fuels can reduce contrail cloudiness](#)

Autor:innen: Jacob Rohm, Ronith Schalast

Die Autor:innen danken Kay Köhler im Umweltbundesamt für die fachliche Beratung.

Diese Publikation kann im Internet abgerufen werden unter: www.germanwatch.org/de/87362

August 2022

Herausgeber: Germanwatch e.V.

Büro Bonn

Kaiserstr. 201

D-53113 Bonn

Tel. +49 (0)228 / 60 492-0, Fax -19

Internet: www.germanwatch.org

Büro Berlin

Stresemannstr. 72

D-10963 Berlin

Tel. +49 (0)30 / 2888 356-0, Fax -1

E-Mail: info@germanwatch.org