

## Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte

# GRUNDLAGENFORSCHUNG NÖTIG

Die Gesamtauswirkung des Luftverkehrs auf das Klima ist nach aktuellem Stand der Wissenschaft nicht nur auf die Wirkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beschränkt. Ursache sind die sogenannten Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte. Um ihre Wirkweise besser zu verstehen und Maßnahmen zur Minderung des gesamten Treibhauseffekts entwickeln zu können, ist noch intensive Forschung nötig.

Rund drei Prozent der durch den Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen durch die weltweite Luftfahrt. Darüber hinaus wird sogenannten Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekten eine Wirkung auf das Klima zugeschrieben. Dazu zählen insbesondere langlebige Kondensstreifen und Zirruswolken in großen Höhen. Sie entstehen, wenn Abgaspartikel und Wasserdampfemissionen aus den Triebwerken in hinreichend kalten und feuchten Luftschichten zu Eiskristallen gefrieren und sich über einen längeren Zeitraum auffächern. Je nach geographischer Lage und Tageszeit können diese Kondensstreifen-Zirren kühlend oder wärmend wirken, wobei der wärmende (Treibhaus-)Effekt wohl überwiegt.

### 100-Flüge-Programm testet Vermeidung von Kondensstreifen

Um die Wirkung von Kondensstreifen besser zu verstehen und mögliche Treibhauseffekte künftig vermeiden zu können, führt Lufthansa gemeinsam mit TUIfly, Condor, DHL, Deutsche Flugsicherung (DFS) und Eurocontrol das „100-Flüge-Programm“ durch. Im Rahmen dieses mit den Bundesministerien BMWK und BMDV abgestimmten Programms werden auf 100 Linienflügen klimasensitive Gebiete mittels neu entwickelter Prognosetools und ausgewerteter Wetterdaten umflogen. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Deutsche Wetterdienst werten die Testflüge aus.



Langlebige klimawirksame  
Kondensstreifen



Kurzlebige  
Kondensstreifen

### Routen optimieren und Flugplanung automatisieren

Die genutzten Daten und Methoden weisen noch große Unsicherheiten auf. Deshalb muss die Qualität der Prognose-daten, mit denen die Flugroutenoptimierung berechnet wird, unter anderem mittels Satellitendaten verbessert werden. Zudem ist zu untersuchen, ob der zusätzliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß für die Umwege mehr oder weniger zur Klimaänderung beiträgt als die Kondensstreifen selbst. Herausfordernd ist auch die Automatisierung der Flugplanung – aktuell erfolgen sowohl die Einspeisung der Wetterdaten vor dem Flug als auch die Routenanpassung noch manuell. Darüber hinaus kann die optimierte Route nur dann geflogen werden, wenn der Luftraum in der entsprechenden Region nicht zu voll ist. All das macht deutlich: Es wird noch dauern, bis Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte automatisiert und systematisch im Linienflugbetrieb vermieden werden können.

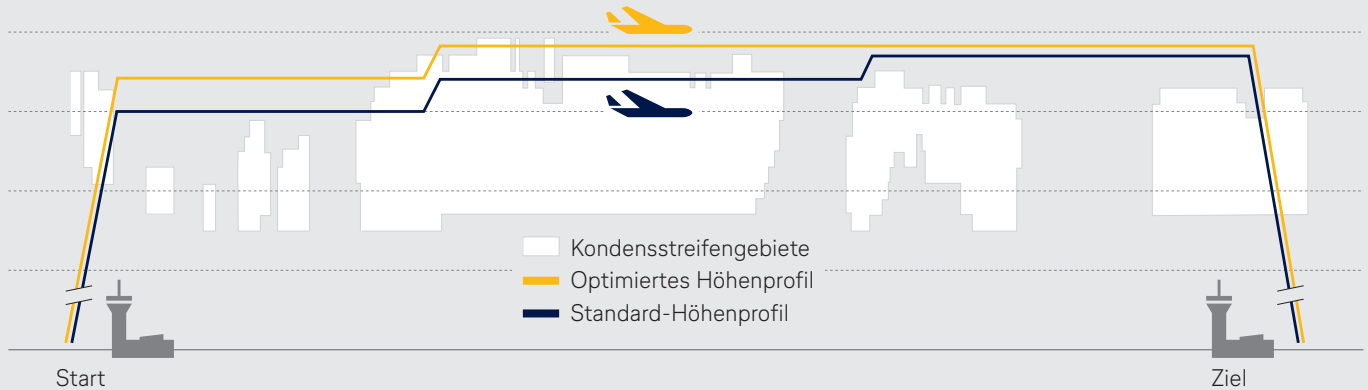
### Klimaforschung seit 1994

Die Lufthansa Group beteiligt sich seit 30 Jahren an der Klima- und Umweltforschung. So unterstützt das Unternehmen die europäische Forschungsinfrastruktur IAGOS (In-service Aircraft for a Global Observing System) mit ihren beiden Teilprojekten IAGOS-CORE und IAGOS-CARIBIC (Civil Aircraft for the Regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrument Container).

Dafür stattet Lufthansa in Zusammenarbeit mit Forschungspartnern ausgewählte Flugzeuge mit Messinstrumenten aus, die auf regulären Passagierflügen Informationen über den Zustand der Atmosphäre sammeln. Die Messdaten helfen Forschenden, neue Erkenntnisse über die Entwicklung des Klimas und die Zusammensetzung der Atmosphäre zu gewinnen, Klimamodelle zu präzisieren und Wettervorhersagen zu verbessern. Sie sind über die zentrale Datenbank des Forschungszentrums CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) in Toulouse frei und offen zugänglich und werden derzeit von rund 300 Organisationen weltweit genutzt.

### Klimasensible Regionen überfliegen

Im Rahmen des Verbundprojekts D-KULT überfliegen Lufthansa Flugzeuge testweise die Regionen, in denen sich langlebige Kondensstreifen bilden können. Voraussetzungen für optimale Flugrouten sind z. B. genaue Vorhersagen vor dem Start und ausreichend Kapazität im Luftraum. Auf dieser Grundlage kann das Höhenprofil eines Fluges (hier schematisch dargestellt) verbessert werden.



Quelle: Projekt D-KULT – Fa. PACE

### Klimawirkungen EU-weit überprüfen

Auch die EU nimmt Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte in den Blick. Im Rahmen der Reform des europäischen Emissionshandels (ETS) wurde ein Erfassungs- und Berichtssystem (MRV) für Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte beschlossen. Ab Januar 2025 müssen die Airlines Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte mittels des MRV-Systems monitoren und berichten. Wie genau das passieren soll, ist bisher noch offen. Klar ist, dass es hierfür zwingend belastbare Daten, Modelle und einheitliche, transparente Standards braucht.

### Darüber hinaus sind folgende Punkte wichtig:

- **Effektiv regulieren:** Um sicherzustellen, dass das Umfliegen der teilweise sehr großen Luftmassen einen insgesamt positiven Klimaeffekt hat, muss die Klimawirkung der vermiedenen Kondensstreifen mit dem zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß abgeglichen werden. Eine geeignete Berechnungsmetrik gibt es bisher nicht. Erst ein solches Instrument und die daraus resultierenden Erkenntnisse bilden eine solide Basis für eine effektive Regulierung der Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen.
- **Testflüge fördern:** Umwege fliegen erhöht den Kerosinverbrauch. Die zusätzlich entstehenden Kosten tragen die Airlines, die die Testflüge durchführen, bisher allein. Hier wäre eine Lastenteilung zwischen Industrie und Politik angemessen.

- **SAF-Hochlauf beschleunigen:** Fliegen mit nachhaltigen Flugkraftstoffen (SAF) verringert Rußpartikel und die Bildung von Kondensstreifen-Eiskristallen. Die Nutzung von SAF könnte somit auch die klimawärmende Wirkung von Kondensstreifen mindern. Die Politik muss den Hochlauf von SAF insgesamt fördern.
- **Forschung langfristig sichern:** Die aktuelle Grundlagenarbeit muss mit weiteren Projekten zur Erforschung von Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekten und deren Vermeidung fortgesetzt werden. Daten und Messmethoden müssen noch erheblich verbessert werden. Ziel muss eine robuste Datenbasis sein, um Klimaeffekte (Nicht-CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>) im Linienflugbetrieb automatisiert und systematisch berücksichtigen zu können. Dazu müssen alle relevanten Partner aus Politik, Forschung und Industrie langfristig zusammenarbeiten.

### Leuchtturmprojekt D-KULT

Das „100-Flüge-Programm“ ist Teil des Verbundprojekts D-KULT (Demonstrator Klima und Umweltfreundlicher Lufttransport), das 2022 gestartet ist und vom BMWK im Rahmen des sechsten zivilen Luftfahrtforschungsprogramms gefördert wird. Mit D-KULT werden wichtige wissenschaftliche Grundlagen für die Vermeidung von klimasensitiven Gebieten im Routineflugbetrieb gelegt. Projektziele sind die Definition, Entwicklung und Erprobung aller Komponenten (Daten, Software und Prozesse), die für eine Klimaoptimierung im Routineflugbetrieb benötigt werden. D-KULT ist europaweit ein „Leuchtturmprojekt“, vergleichbare Projekte in anderen Ländern wurden erst 2023 aufgelegt.