Dieses Dokument ist lizenziert für Handelsblatt GmbH, uC57383H.
Alle Rechte vorbehalten. © Handelsblatt. Download vom 11.01.2024 11:47 von pressearchiv.handelsblatt.com.

Greentech / Luftfahrt

Warum Kondensstreifen dem Klima mehr schaden als CO_2

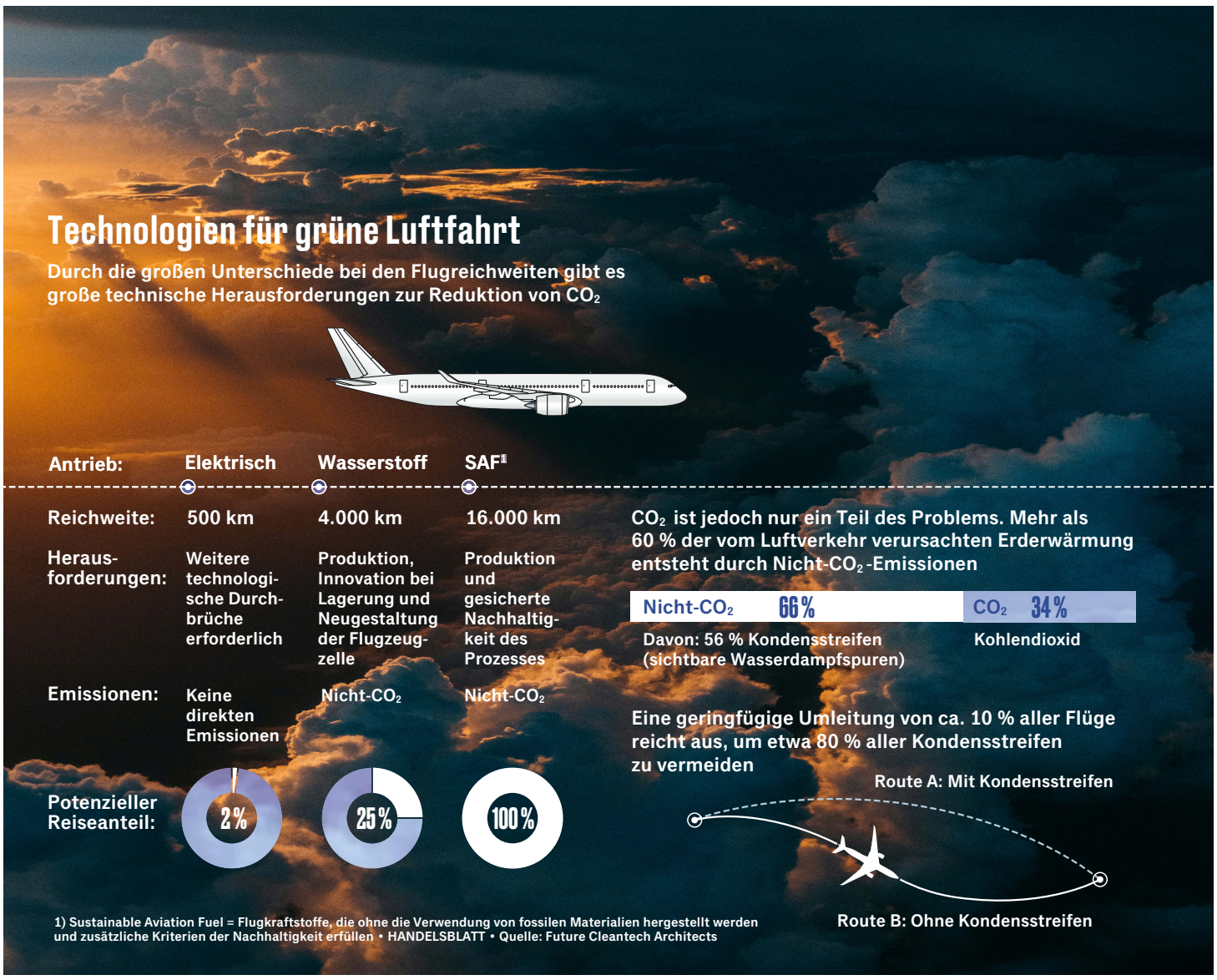
Flugzeuge hinterlassen klimaschädliche Spuren am Himmel, die sogenannten Contrails. Auf welchen Flügen sie besonders häufig entstehen und wie Forscher sie reduzieren wollen.

Jens Koenen Frankfurt

Eigentlich sollte das Projekt Blue Condor bereits Ende 2022 starten. Mit einem Segelflugzeug vom Typ Arcus J, dem zusätzlich ein Wasserstoffantrieb verpasst wurde, will Airbus die Folgen von Kondensstreifen auf das Klima näher untersuchen. Doch das Programm hat Verspätung. Nun sollen die ersten Flüge mit Messungen Anfang 2024 abheben, begleitet vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Der Druck ist groß. Die Vereinten Nationen wollen die Luftfahrt bis 2050 klimaneutral machen. Doch wie das gelingen soll, ist bisher nicht klar. Wasserstoffantriebe für große Verkehrsflugzeuge brauchen noch viel Entwicklungszeit. Die Produktion von synthetischem Kraftstoff für Flugzeuge muss erst richtig hochgefahren werden.

Das rückt Maßnahmen in den Vordergrund, die sich relativ schnell umsetzen lassen – wie zum Beispiel Kondensstreifen zu reduzieren. Der Thinktank Future Cleantech Architects (FCA) beschäftigt sich mit Innovationen rund um das Thema Klima. Nach FCA-Angaben haben Faktoren jenseits der viel genannten CO_2-Emissionen einen großen Einfluss auf das Klima. Die Abgase an sich sind nur für 34 Prozent der klimaschädlichen Effekte verantwortlich, die restlichen 66 Prozent haben andere Ursachen. Von diesen 66 Prozent entfällt wiederum mehr als die Hälfte auf die Kondensstreifen.



Unsplash Images

Warum entstehen Kondensstreifen?

Kondensstreifen – auf Englisch „contrails“ – entstehen aus Wasserdampf und Rußpartikeln. Flugzeugtriebwerke stoßen beides bei der Verbrennung aus. Das hat bei Flughöhen ab 8000 Metern und einer sehr kalten und feuchten Umgebung negative Folgen. Dort ist die Atmosphäre gesättigt und kann keinen zusätzlichen Wasserdampf mehr aufnehmen. Dieser bindet sich deshalb an die Rußpartikel und kondensiert. Wegen der Kälte bilden sich rund um die Rußpartikel Eiskristalle, die zu den Streifen am Himmel werden. Diese können sich je nach Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung schnell wieder auflösen. Oder sie bleiben länger am Himmel – entweder in ihrer Linienform oder als eine Art Wolke.

Vor allem die wolkenförmigen Kondensstreifen sind ein Problem für das Klima. Sie fangen Wärme, die die Erde abstrahlt, ein. Die Wärmestrahlung der Erde würde ohne die künstlichen Wolken ins Weltall gehen. Gleichzeitig können sie die Strahlung der Sonne nur begrenzt reflektieren. Also verstärken sie die Erwärmung der oberen Erdatmosphäre.

Welche Flüge sind betroffen?

Wann und wo Flüge die Umwelt durch Contrails besonders stark belasten, bestimmt eine ganze Reihe an Einflussfaktoren. An einem Tag mit einer dichten Wolkendecke zum Beispiel haben Kondensstreifen eine stärkere Wärmewirkung. Der Grund: Die Wolken reflektieren die Sonneneinstrahlung sehr gut. Die Kondensstreifen wirken in dieser Umgebung nur noch in eine Richtung: Sie fangen die von der Erde kommende Strahlung ab. Umgekehrt gilt: An einem wolkenfreien Tag sind Kondensstreifen weniger klimaschädlich, denn hier helfen sie, die Sonnenstrahlen – zumindest begrenzt – zurückzuwerfen und von der Erde fernzuhalten.

Im Sommer wiederum bilden sich wegen der Temperaturen tendenziell weniger Kondensstreifen. Das ist insofern gut für die Luftfahrt, weil der Sommer die reisestärkste Zeit ist. Im Winter bilden sich dagegen häufig Kondensstreifen, die sich zudem sehr lange am Himmel halten. Auch das Triebwerk spielt eine Rolle. Je mehr Rußpartikel ausgestoßen werden, desto mehr Kristallisationspunkte gibt es für den Wasserdampf. Deshalb sind Flugzeuge mit modernen Antrieben wegen ihres geringeren Treibstoffverbrauchs besser fürs Klima.

Wie können Kondensstreifen reduziert werden?

Für Ingrid El Helou, Forscherin beim Thinktank FCA, steht fest: „Um die Luftfahrtemissionen ernsthaft in Angriff zu nehmen, müssen die Nicht-CO_2-Emissionen ebenso angegangen werden.“ Dazu eignen sich vor allem zwei Ansätze: Zum einen werden während des Flugs Bereiche in der Atmosphäre mit besonders guten Bedingungen für die Streifen gemieden. Das bedeutet geänderte Flugrouten. Zum anderen wird die Zusammensetzung des Treibstoffs so verändert, dass weniger Rußpartikel ausgestoßen werden. Flugbenzin enthält sogenannte Aromaten. Das sind im Wesentlichen bestimmte Kohlenwasserstoffmoleküle. Ein Teil davon wird nicht verbrannt, das ist der Ruß, der dann ausgestoßen wird. In der Luftfahrt ist für Kerosin aus Sicherheitsgründen ein Anteil von mindestens acht Prozent an solchen Aromaten vorgeschrieben. Häufig enthält der Treibstoff aber deutlich mehr, zwischen 20 und 25 Prozent.

Würde dieser Anteil reduziert – etwa auf das Minimum von acht Prozent – würde das deutlich weniger Ruß bedeuten. Das Problem: Das geht nur über das sogenannte Hydrotreating, die Entschwefelung von Mineralölprodukten durch Hydrierung. Dazu braucht es Wasserstoff, und zwar viel. Das macht diesen Ansatz teuer, ganz abgesehen vom hohen Energiebedarf.

Eine Alternative ist der Einsatz von synthetischem Treibstoff, dem sogenannten Sustainable Aviation Fuel (SAF). Er enthält so gut wie keine Aromaten. Wird also dem herkömmlichen Kerosin SAF beigemischt, wie es heute schon zum Teil geschieht, hat das einen positiven Effekt. Diesen macht Forscherin El Helou mit folgender Rechnung deutlich: Wird herkömmliches Flugbenzin, das 20 Prozent Aromaten enthält, zu gleichen Teilen mit SAF gemischt, reduziert sich der Aromatenanteil dieses Treibstoffs in Summe auf rund zehn Prozent.

Auch wenn feststeht, dass weniger Rußpartikel die Gefahr von Kondensstreifen grundsätzlich reduzieren – die tatsächlichen Effekte in der Atmosphäre und auf das Klima müssen noch untersucht werden. Hier gibt es noch viele offene Fragen. Zudem ist selbst bei komplett fehlenden Aromaten nicht ausgeschlossen, dass sich durch die Verbrennung nicht auch Rußpartikel bilden. Auch wird weiterhin Wasserdampf ausgestoßen, der an anderen Substanzen in der Atmosphäre kristallisieren kann, zum Beispiel an Staub.

Klimafreundlicher fliegen durch andere Flugrouten: Wie geht das?

Etwas weiter ist die Forschung beim Thema Flugrouten. Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass nur bei einem kleinen Teil der Flüge die Bedingungen erfüllt sind, um Kondensstreifen zu bilden. Forscher der European Geosciences Union (EGU) haben zum Beispiel über fünf Jahre Flüge über dem Nordatlantik beobachtet. Das Ergebnis: Zwölf Prozent verursachten 80 Prozent der Kondensstreifen. Um die schädlichen Streifen am Himmel signifikant zu reduzieren, müsste also nur eine geringe Zahl an Flugverbindungen angepasst werden. Die Folgen für die Flugpläne der Airlines wären wahrscheinlich überschaubar. Dass dieser Weg technisch machbar ist, hat ein Test der europäischen Flugsicherungsbehörde Eurocontrol im Jahr 2021 gezeigt. Die Experten nutzten Wetterprognosen, um vorherzusagen, wie wahrscheinlich es ist, dass sich Kondensstreifen bilden. Über Satelliten beobachteten sie, ob sie mit der Vorhersage recht hatten. Dann wurden die Piloten angewiesen, höher oder tiefer zu fliegen. Die Folge waren weniger Kondensstreifen.

Greentech

Serie „Diese grünen Ideen könnten die Welt verändern“: Von Wellenkraftwerken, CO_2-freiem Zement und Solaranlagen im Weltraum – überall gibt es Ideen mit dem Potenzial, die Welt zu verändern. Wir stellen einige der interessantesten Innovationen vor. Wissenschaftlich begleitet wird die Serie von dem unabhängigen Thinktank Future Cleantech Architects.

Handelsblatt Nr.006 vom 09.01.2024
© Handelsblatt MEDIA GROUP GmbH & Co. KG. Alle Rechte vorbehalten.
Zum Erwerb weitergehender Rechte wenden Sie sich bitte an nutzungsrechte@handelsblattgroup.com

Dieses Dokument ist lizenziert für Handelsblatt GmbH, uC57383H.
Alle Rechte vorbehalten. © Handelsblatt. Download vom 11.01.2024 11:47 von pressearchiv.handelsblatt.com.

Unsplash Images

Auch Künstliche Intelligenz (KI) wird hier mittlerweile eingesetzt, etwa in einem Versuch von Breakthrough Energy, Google und American Airlines. Die KI sagte im vergangenen Jahr sechs Monate lang die Gefahr von Kondensstreifen in bestimmten Regionen voraus. Die Piloten der entsprechenden Flüge wurden dann angewiesen, ihre Flughöhe anzupassen. Auf diese Weise entstanden 54 Prozent weniger Kondensstreifen. Der Versuch brachte noch eine weitere interessante Erkenntnis. Experten weisen immer wieder darauf hin, dass die Flüge durch ein solches „Re-Routing“ länger dauern und mehr Treibstoff verbrauchen. Das mache den positiven Effekt durch weniger Kondensstreifen zum Teil wieder zunichte.

Bei den Testflügen von American Airlines zeigte sich allerdings: Der Mehrverbrauch lag bei etwa zwei Prozent. Häufig reicht es, die Flugroute nur leicht zu verändern. Das bedeutet auch weniger Kosten für die Airlines.

Was heißt das in Zukunft für den Flugverkehr?

Die Denkfabrik FCA schlägt eine Reihe von Maßnahmen vor, um Kondensstreifen zu reduzieren. Wichtig sei zunächst, bei den Luftfahrtemission nicht nur auf die CO_2-Emissionen zu schauen, sondern auch auf andere Effekte, speziell die Kondensstreifen. Dazu muss deren Erforschung intensiviert werden. Diese steht erst am Anfang. Gleichzeitig sollte die Technologie für die Vorhersage dieser Streifen optimiert werden.

Das erfordert mehr Forschungsaufwand im Bereich der Wettervorhersage. KI kann wiederum dabei helfen, alternative Flugrouten zu berechnen. Diese könnten dann automatisch an die Systeme und die Piloten im Flugzeug übermittelt werden. Wichtig ist es zudem, den Einsatz von synthetischem Treibstoff zu forcieren. Bisher gibt es davon viel zu wenig. 2022 waren nur rund 0,1 Prozent des weltweit verbrauchten Kerosins als SAF verfügbar. Schließlich sollte der Einsatz von Aromaten in Treibstoff strenger kontrolliert werden.

Handelsblatt Nr.006 vom 09.01.2024
© Handelsblatt MEDIA GROUP GmbH & Co. KG. Alle Rechte vorbehalten.
Zum Erwerb weitergehender Rechte wenden Sie sich bitte an nutzungsrechte@handelsblattgroup.com