

Wissenschaftlich
betrachtet*

In dieser Serie lassen wir Experten aus Wissenschaft und Forschung zu Wort kommen.

Passagiere müssen sich auf holprigere Flüge einstellen – wegen des Klimawandels

Flugpassagiere begegnen auf Reisen verschiedensten Ärgernissen, von verlorenem Gepäck bis zu unappetitlichem Essen. Aber ein Problem ist für Passagiere nicht nur beunruhigend, sondern unter Umständen auch gefährlich: Turbulenzen. Und es ist zu erwarten, dass es in Zukunft schlimmer wird. Die Hinweise mehrten sich, dass Flugturbulenzen wegen des Klimawandels stärker und häufiger werden. 2013 haben wir in einer Studie festgestellt, dass das Aufkommen von signifikanten „Turbulenzen in wolkenfreier Luft“ über dem Nordatlantik im Winter grundsätzlich steigt, wenn sich das CO₂-Niveau verdoppelt.

In einer neuen Studie, die Anfang April im Fachmagazin *Advances in Atmospheric Sciences* erschienen ist¹, verfeinern wir diese Berechnungen, um verschiedene Grade von Turbulenzen zu untersuchen. Wir kommen zu dem Ergebnis, dass die schwersten – die Art, bei der Passagiere aus ihren Sitzen geschleudert und ernsthaft verletzt werden können – in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zwei- oder sogar dreimal so häufig auftreten werden.

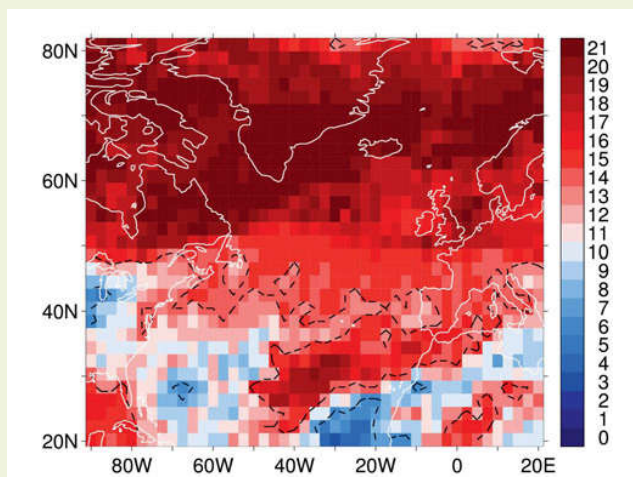
Warum Turbulenzen auftreten

Trotz der Bedeutung dieses Forschungsbereichs für Flugeinsätze ist unsere Studie die erste Untersuchung der künftigen Entwicklung von schweren Turbulenzen; zum ersten Mal wurden individuelle Prognosen für alle unterschiedlichen Turbulenz-Stärken getroffen. Turbulenzen in wolkenfreier

Luft werden verursacht von Scherwinden – Veränderungen der Windgeschwindigkeit oder -richtung in einem relativ knappen vertikalen Raum – in Höhenlage. Die unterschiedliche Windgeschwindigkeit sorgt dafür, dass die verschiedenen Schichten der Atmosphäre übereinander strömen, was zu Instabilität und Luftwirbeln führen kann. Das ist die gefährlichste Form der Turbulenz, die Passagiere erleben können.

Wie der Name schon sagt, sind Turbulenzen in wolkenfreier Luft unsichtbar und können also nicht einfach entdeckt und gemieden werden. Sie neigen dazu, in und um Jetstreams, Berge, Wetterfronten und Gewitter aufzutreten. Jetstreams können der Freund eines Piloten, aber auch sein Feind sein. Jetstreams sind Schläuche aus schnell fließender Luft, die sich um den Globus wickeln. Sie können tausende Meilen lang sein, aber sie sind normalerweise relativ eng und nur ein paar Meilen tief. In Jetstreams zu fliegen, kann einen idealen Rückenwind erzeugen, aber auch einen Gegenwind, den man besser vermeidet.

Die ungleichmäßigen Temperaturveränderungen in der oberen Atmosphäre, die mit dem Klimawandel verbunden werden – so erhitzen sich in Flughöhen die Tropen schneller als die Pole –, scheinen den nordatlantischen Jetstream in diesen Höhen zu verstärken. (Das unterscheidet sich von den Veränderungen, die in der unteren Atmosphäre geschehen.) Während der stärkere Jetstream eine gute Nachricht ist, um uns schneller von Nordamerika nach Großbritannien zu bringen, bedeutet er auch, dass



Die Grafik zeigt die Anzahl von Modellen zu Turbulenzen in wolkenfreier Luft (untersucht wurden 21 davon), die einen Anstieg (rot markiert) oder eine Verringerung (blau markiert) im Aufkommen von leichten oder schwereren Turbulenzen im Winter über dem Nordatlantik voraussagen, wenn sich das CO₂-Niveau verdoppelt. Quelle: Williams (2017).

Hin- und Rückflug zusammen länger dauern und Begegnungen mit Turbulenzen in wolkenfreier Luft häufiger werden könnten.

Zunehmende Turbulenzen

Höhere Windgeschwindigkeiten, die in der Atmosphäre aufeinander prallen, sorgen dafür, dass zunehmend häufigere Fälle von Turbulenzen über großen Teilen des Nordatlantiks möglich sind. Wir benutzen einen Supercomputer und 21 verschiedene Turbulenz-Modelle, um zu simulieren, wie Turbulenzen in wolkenfreier Luft in einer Höhe von etwa zwölf Kilometern durch den Klimawandel beeinflusst werden. In der abgebildeten Grafik sind die prognostizierten Veränderungen für den Nordatlantik zu sehen. Sie zeigt prognostizierte Anstiege (rote Flächen) und Verringerungen (blaue Flächen) von Turbulenzen im Falle einer Verdopplung des atmosphärischen CO₂ im Vergleich zum vor-industriellen Niveau. Je dunkler der Farbton, desto mehr Modelle erzielen das gleiche Ergebnis.

In unseren Simulationen zeigen die meisten Modelle deutlich zunehmende Turbulenzen aller Stärken, von schwach bis heftig. Durch dieses Maß an Übereinstimmung zwischen den Modellen sind wir von den Ergebnissen überzeugt, auch wenn es durchaus ein signifikantes Ausmaß an Variationen von einem Modell zum anderen gibt. Im Durchschnitt über die 21 Turbulenz-Modelle hinweg kommen wir zu dem Ergebnis, dass bei einer CO₂-Verdopplung das Aufkommen leichter Turbulenzen um 59 Prozent, mittelschwerer um 94 Prozent und schwerer um 149 Prozent steigt. Es ist wichtig anzumerken, dass schwere Turbulenzen relativ selten vorkommen, und Fluggesellschaften weisen korrekterweise darauf hin, dass Flüge in Phasen von Turbulenzen so sicher wie eh und je sind. Moderne Flugzeuge sind dafür gebaut, mit den auftretenden Kräften klarzukommen, wenn auch mit dem zusätzlichen Risiko, dass sich Passagiere oder Crewmitglieder durch die unvorhersehbaren Bewegungen verletzen.

Das Risiko von Verletzungen ist gering, aber real. Schwere Turbulenzen, die auf

Menschen und Objekte in der Umgebung stärker als die Schwerkraft wirken, können zu ernsthaften Verletzungen und Todesfällen führen. In der „allgemeinen Luftfahrt“, bei der die Flugzeuge eher kleiner und daher anfälliger sind, werden Turbulenzen allein in den USA für ungefähr 40 Todesfälle im Jahr verantwortlich gemacht.

Welche Auswirkungen könnte das haben?

Neben dem Risiko von Verletzungen gibt es weitergehende Folgen. Die Flugrouten zu verlegen, um Turbulenzen möglichst zu vermeiden, verbraucht mehr Treibstoff und erhöht somit die Spritkosten. Umleitungen sorgen zudem für Verspätungen an den Flughäfen, Verletzungen an Bord können Notlandungen erzwingen und damit zu weiteren Verspätungen führen. Laut dem nationalen US-Zentrum für Atmosphärenforschung (National Center for Atmospheric Research, NCAR) kosten Turbulenzen die kommerziellen Fluglinien 150 bis 500 Millionen Dollar im Jahr. Wenn es mehr Turbulenzen gibt, könnte diese Zahl steigen. Höhere Kosten für Fluglinien werden gerne an die Passagiere weitergereicht, was teurere Tickets bedeuten könnte.

Das erhöhte Risiko von Verletzungen könnte auch einen Domino-Effekt auf die Versicherungsindustrie haben. Dass eine der weltweit meistgenutzten Flugrouten, der transatlantische Korridor zwischen Europa und Nordamerika, im Bereich des Jetstreams liegt, bedeutet: Dies ist kein Problem, das lediglich Nebenstrecken betrifft. Es geht wortwörtlich um den „Mainstream“, in dem jährlich Millionen von Passagieren fliegen.

Was bringt die Zukunft?

Dass die CO₂-Emissionen aus Flugzeugen zum Klimawandel beitragen, ist bekannt. Aber unsere neueste Studie bekräftigt, dass der Zusammenhang in beide Richtungen besteht. Das CO₂, das beim Verbrennen von Flugzeug-Treibstoff entsteht, ist der größte Beitrag der Luftfahrt, sie beeinflusst das Klima jedoch auch auf andere Wei-



Paul Williams

ist Privatdozent am meteorologischen Institut der britischen University of Reading und erforscht die Geophysik von Atmosphäre und Ozeanen.

sen. Zum Beispiel können Kondensstreifen, die durch Flüge entstehen, die Temperaturen in der Atmosphäre verändern. Das bedeutet, dass Fluggesellschaften neben effizienteren Flügen andere Wege erkunden können, ihren Einfluss auf das Klima zu verringern. Sie könnten beispielsweise ihren Beitrag zum Klimawandel reduzieren, indem sie zu relativ niedrigen Kosten geringfügige Anpassungen ihrer Flugstrecken vornehmen.

Ein kleiner, aber wachsender Forschungsbestand legt nahe, dass der Luftfahrtsektor vom Klimawandel negativ betroffen sein wird. Positiv gewendet bedeutet das: Der Sektor kann viel gewinnen, indem er seine Emissionen reduziert.



Dieser Artikel ist zuerst beim britischen Online-Portal Carbon Brief erschienen.

¹Williams, Paul (2017): Increased light, moderate, and severe clear-air turbulence in response to climate change, *Advances in Atmospheric Sciences*, Band 34/5.

* An dieser Stelle lesen Sie einen Gastbeitrag, der nicht notwendigerweise die Meinung der Redaktion wiedergibt. Für den Inhalt sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.