



# Heiße Luft trifft kühle Analyse

Wir sprachen mit Prof. Dr. Ulrich Schumann über die Klimawirkung des Luftverkehrs

**Das Magazin** Was ist Kohlendioxid?

**Prof. Ulrich Schumann** Kohlendioxid ist das Verbrennungsprodukt von Kohle. Kohle wird mit Sauerstoff verbrannt und dadurch entsteht CO<sub>2</sub>. Im Luftverkehr verbrennt man nicht Kohle, sondern Kerosin. Kerosin enthält zu 86 Prozent Kohlenstoff, zu 14 Prozent Wasserstoff. Der Kohlenstoff aus dem Kerosin verbindet sich

**Prof. Ulrich Schumann** Solche Aussagen tragen nicht zur sachlichen Diskussionen bei. Richtig ist allerdings, dass der Luftverkehr auch zur Klimaveränderung beiträgt. Der Luftverkehr ist kein Klimakiller, aber auch kein Klimaengel.

**Das Magazin** Wie weit beeinflusst der Luftverkehr unser Klima? Und wie hoch ist der Anteil, der durch

müssen, um den Klimaeffekt korrekt zu berücksichtigen. Stimmt dies, und ist dies bei den anderen Verkehrsmitteln nicht der Fall?

**Prof. Ulrich Schumann** Dem Luftverkehr einen Faktor 3 zuzuweisen, weil er angeblich drei Mal schädlicher sei als andere Verkehrsträger hat keine physikalische Grundlage. Richtig ist: Der Luftverkehr hat eine

**Das Magazin** Was ist mit den anderen Verkehrsträgern?

**Prof. Ulrich Schumann** Auch Kraftfahrzeuge erzeugen Kohlendioxid, weit mehr als der Luftverkehr. Denn insgesamt wird mehr Auto gefahren als geflogen, somit wird auch mehr Treibstoff verbraucht. Das bedeutet, die Menge an Kohlendioxid aus dem globalen Kraftfahr-

**Prof. Ulrich Schumann** Kondensstreifen sind nichts anderes als Zirruswolken, also Wolken aus Eispartikeln, die geschichtet in der Atmosphäre zu sehen sind. Und Zirruswolken haben generell die Eigenschaft, Sonnenlicht weitgehend ungehindert zum Boden durchzulassen und genau wie die Treibhausgase auf der anderen Seite recht stark Wärmestrahlung zu absorbieren und

**Das Magazin** Wie schädlich ist eine einzelne Flugreise? Wäre es nicht besser, lieber mit dem PKW nach Griechenland oder Portugal zu fahren, als ins Flugzeug zu steigen?

**Prof. Ulrich Schumann** Wenn man das Klima schützen will, sollte man zu Hause bleiben und keinen Urlaub machen (lacht). Das gilt fürs Auto, die Bahn, das Schiff und das



Kein Tag vergeht, an dem nicht in den Medien über den Klimawandel berichtet wird. Mittlerweile sind sich auch die Wissenschaftler größtenteils einig, dass der Ausstoß von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) maßgeblichen Anteil am Treibhauseffekt hat und die derzeitige Erderwärmung kein zyklisches Klimaphänomen mehr ist. Wir sprachen mit Prof. Ulrich Schumann, Direktor des Instituts für Physik der Atmosphäre des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), über die Folgen des Luftverkehrs auf das Weltklima.

mit der Luft, dadurch entsteht Kohlendioxid. Kohlendioxid ist ein Treibhausgas. Das heißt, es lässt die Sonnenstrahlen ungehindert zur Erde durch, die von der Erde abgegebene Wärme verbleibt allerdings in der Atmosphäre. Dadurch steigen unsere Temperaturen auf der Erde.

**Das Magazin** Wie viel Kohlendioxid stößt ein Flugzeug aus?

**Prof. Ulrich Schumann** Pro Kilogramm verbranntem Treibstoff entstehen 3,15 Kilogramm Kohlendioxid, weil sich die Kohlenstoffatome aus dem Kerosin mit zwei Sauerstoffatomen aus der Luft verbinden.

**Das Magazin** Der Luftverkehr wird gerne als „Klimakiller Nummer 1“ bezeichnet. Würden Sie diese Einschätzung teilen?

den Luftverkehr verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen?

**Prof. Ulrich Schumann** Anhand der weltweit erfassten Flugbewegungen wissen wir, dass pro Jahr 170 Teragramm – früher sprachen wir von Megatonnen – Kerosin verbraucht werden. Dementsprechend liegt der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei 535 Teragramm.

CO<sub>2</sub> entsteht natürlich bei jeder Verbrennung. Zum Beispiel beim Heizen von Wohnungen, im Auto-, Schiffs- und Bahnverkehr. Insgesamt kommen wir weltweit auf einen jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von circa 28.000 Teragramm. Der Luftfahrtanteil daran liegt bei etwa zwei Prozent.

**Das Magazin** Man liest oft, dass die Emissionen des Flugverkehrs mit dem Faktor 3 multipliziert werden

unmittelbare Wirkung auf die Atmosphäre. Auch weil Stickoxide und Kondensstreifen zusätzliche Wirkung haben. Kohlendioxid beispielsweise hat eine Lebensdauer von mehr als einem halben Jahrhundert. Heute noch befinden sich ganz viele Kohlendioxidmoleküle aus dem 2. Weltkrieg in der Atmosphäre. Ob Kohlendioxid am Boden oder in höheren Schichten emittiert wird, ändert nichts an seiner Klimawirkung, da sich das CO<sub>2</sub> in dieser Zeit über die gesamte Atmosphäre verteilt. Anders ist es bei den Stickoxiden und bei den Emissionen, die zu Kondensstreifen führen. Sie sind zwar kurzlebig, allerdings mit nicht unerheblichen Effekten. Ohne auf die chemischen Reaktionen im Einzelnen einzugehen, steht fest, dass die Stickoxide zur Ozonbildung beitragen. Ozon ist ein Treibhausgas, es hat insofern ähnliche Eigenschaften wie CO<sub>2</sub> und verstärkt dementsprechend den Treibhauseffekt.

zeugverkehr ist deutlich höher als die aus dem globalen Luftverkehr. Selbst Schiffe verbrauchen etwas mehr Treibstoff als alle Flugzeuge weltweit. Die Nebeneffekte sind beim Kraftfahrzeugverkehr auch vorhanden. Aber da hier die Stickoxide in Bodennähe emittieren, ist die Lebensdauer der Stickoxide geringer und die Auswirkung auf das Ozon somit geringer als beim Luftverkehr. Ebenfalls erzeugt der Rußausstoß beim Auto einen Treibhauseffekt, beim Luftverkehr ist es der Kondensstreifen. Der Ausstoß beim Luftverkehr ist aber im Gegensatz viel sauberer, weil die Verbrennung in einer Turbine gleichmäßig abläuft.

**Das Magazin** Stimmt die häufig verbreitete Meinung, dass die Kondensstreifen wesentlich schädlicher sind als der Ausstoß von CO<sub>2</sub>?

die Abstrahlung von Wärme in den Weltraum zu reduzieren. Deshalb tragen Zirruswolken auch zur Erwärmung bei. Jedes Kind weiß, bei klarem Himmel sinken nachts die Temperaturen, aber wenn es bewölkt ist, wird es abends nicht so kalt.

**Das Magazin** Wie groß ist der Anteil an Kondensstreifen zur üblichen Wolkenbildung?

**Prof. Ulrich Schumann** Nach unseren neuesten Erkenntnissen sind die Wirkungen der Kondensstreifen weniger gravierend als bisher angenommen. Das liegt daran, dass Kondensstreifen dünner sind als bisher angenommen. Kondensstreifen bedecken über Europa 0,5 Prozent des Himmels. Hier sind wir Forscher aber aufgerufen, den Beitrag des Luftverkehrs an der Bewölkung noch genauer zu bewerten.

Flugzeug. Klar ist, wenn ich zu den Seychellen fliege, produziere ich mehr Kohlendioxid, als wenn ich nach Mallorca fliege. Klar ist auch, dass wir eine globale Klimaveränderung beobachten. In den letzten Jahren ist es auf der Erde im Schnitt um 0,7 Grad Celsius wärmer geworden. Eine Vielzahl von Rekorden wurde im letzten Jahrzehnt beobachtet. Die Meeresspiegel steigen, die Gletscher schmelzen, die Eisschichten auf den Polkappen werden kleiner. Wir messen steigende Konzentrationen an Kohlendioxid. Für mich gibt es keinen Zweifel, dass das Klima sich ändert und dass mit hoher Wahrscheinlichkeit wir Menschen dafür verantwortlich sind. Wenn wir so weitermachen wie bisher, wird es am Ende des laufenden Jahrhunderts wahrscheinlich zu einer neuen Klimasituation kommen, die das Leben auf der Erde entscheidend verändert. Wenn wir mit vier bis sechs Grad Temperaturerhöhung



rechnen würden, dann hätten wir hier tropische Verhältnisse. Klimazonen verlagern sich. Es kommt eine Situation auf uns zu, die zum Handeln auffordert. Deshalb kann sich auch der Luftverkehr dieser Verantwortung nicht entziehen.

**Das Magazin** Wie viel Zeit hat die Menschheit noch, hier einzugreifen?



**Prof. Ulrich Schumann** Je schneller wir aktiv werden und die Kohlendioxidemissionen durch bessere Technik und vernünftigeres Wirtschaften reduzieren, desto besser und umso eher ist Klimaschutz auch bezahlbar. Je später man eingreift, desto teurer wird es. Es wird mindestens noch fünf bis zehn Jahre dauern, bis die Staaten der Welt übergreifende Verträge zum gemeinsamen Handeln beschließen. Nehmen wir das Beispiel Ozonloch. Die Wissenschaft hat frühzeitig auf dieses Problem hingewiesen. Nach 15 Jahren Diskussion hat die Politik gehandelt und FCKW verboten. Das Resultat: Das Ozonloch schließt sich allmählich wieder. Das ist ein voller Erfolg der Politik und der Wissenschaft. Beim Kohlendioxid wird es länger dauern. Hilfreich in der Diskussion ist, dass man erkennt, dass die Klimaänderung auch wirtschaftliche Schäden erzeugt und deshalb unabhängig vom Umweltgedanken gehandelt werden muss.

**Das Magazin** Was halten Sie davon, den europäischen Flugverkehr in den Emissionshandel einzubeziehen?

**Prof. Ulrich Schumann** Das ist eine gute Maßnahme, aber eine von vielen. Ich rate der Luftfahrt, sie nicht zu verteufeln. An erster Stelle steht für mich allerdings, in neue emissionsarme Technik zu investieren.



In eine noch treibstoffärmere Verbrennung, sodass wir den Klimaefekt an der Quelle reduzieren. Aber zurzeit bin ich der Überzeugung, dass es die Luftfahrtindustrie insgesamt nicht schaffen wird, bei einem erwarteten jährlichen Wachstum von fünf Prozent gleichzeitig den Treibstoffverbrauch ebenso zu reduzieren. Da unsere Gesellschaft aber auf Mobilität aufgebaut ist und der Wunsch zu Verreisen stärker ist als je zuvor, begrüße ich jede Maßnahme, die hilft, CO<sub>2</sub> einzusparen. Auf eines möchte ich jedoch hinweisen. Einsparpotenziale zu erforschen und umzusetzen kostet Geld. Insbesondere in der Luftfahrt. Deshalb muss man zum jeweiligen Zeitpunkt auch immer prüfen, was bringen meine Investitionen an Einsparungen. Der UN-Klimarat – da stimme ich mit ihm überein – sieht riesige Einsparpotenziale zum Beispiel in der Wärmedämmung bei Wohnungen und Häusern. Hier muss viel Geld locker gemacht werden, denn der ökologi-

sche Nutzen ist immens. Aber warum soll ein Teil des Geldes, was in der Luftfahrt verdient wird, nicht auch in die Wärmedämmung investiert werden. Der Anteil des Flugverkehrs am Klimawandel liegt bei zwei Prozent. Einsparpotenziale bezogen auf die Klimawirkung sind im Luftverkehr daher nur sehr begrenzt möglich.

**Das Magazin** Welche Möglichkeiten haben die Fluggesellschaften, Energie zu sparen und die CO<sub>2</sub> Emissionen ihrer Flugzeuge zu verringern?

**Prof. Ulrich Schumann** Natürlich modernes Fluggerät einzusetzen. Mit gut ausgelasteten Flugzeugen zu fliegen. Man kann auch mal wieder darüber nachdenken, auf Fernstrecken mehrmals zu landen um zwischen zu tanken. Dadurch wäre das Flugzeug leichter und würde weniger Kerosin verbrauchen.

**Das Magazin** Aber bei jedem Start wird doch überdurchschnittlich viel Kerosin verbraucht!

**Prof. Ulrich Schumann** Nehmen wir einmal die Langstrecke nach Australien. Wenn Sie ohne Zwischenlandung fliegen wollen, dann müsste man sehr viel Kerosin transportieren und das wäre sehr unwirtschaftlich. Ein Flugzeug verbraucht nun einmal mehr, wenn es vollgetankt ist.

Man kann auch mal darüber nachdenken, Kurzstrecken als Shuttle-service anzubieten. Der Flieger startet erst, wenn er voll ist. Das dient der Umwelt und ist für die Airlines wirtschaftlicher. Wenn der Kerosinpreis weiter steigt wie bisher, kommen die Airlines von selbst darauf. Der Kostenfaktor Kerosin wird immer bedeutender.

**Das Magazin** In der Automobilindustrie wird mit neuen Motorkonzepten experimentiert, bei der Stromerzeugung setzt man verstärkt auf erneuerbare Energien. Ist in der Luftfahrtindustrie in absehbarer Zeit mit neuen Antriebsformen zu rechnen, die umweltschonender sind?

**Prof. Ulrich Schumann** Ein Propeller ist energetisch günstiger als ein Jettriebwerk. Das liegt daran, dass er einen größeren Querschnitt hat, den er überdeckt und dadurch eine größere Luftmasse mit geringer Geschwindigkeit beschleunigt wird. Und diese geringere Geschwindigkeitszunahme bedeutet einen geringeren Energieverlust. Je größer die Fläche eines Propellers ist, umso energetischer ist er. Deswegen wird man wahrscheinlich auch wieder in der zivilen Luftfahrt auf Propeller in einer bestimmten Form zurückkommen. Der Nachteil ist, dass sie lauter sind. Damit der Schall nicht ungehindert zum Boden kommt, muss man sie wahrscheinlich auf die Flügel setzen und nicht darunter.

**Das Magazin** Ist Bio-Kerosin nicht die umweltfreundlichste Lösung?

**Prof. Ulrich Schumann** Ich halte dies nicht für einen sehr überzeugenden Weg. Jeder Ersatzkraftstoff hat die Nebenwirkung, den Luftverkehr nicht nur teurer zu machen, sondern auch klimaschädlicher. Mit einem Quadratmeter Ackerfläche auf dem

beispielsweise Raps angebaut würde, ließe sich 0,3 – 0,5 Watt Energie über Biotreibstoff erzeugen. Wir haben gar nicht genügend Flächen, darüber den Energiebedarf zu decken. Das DLR ist letztendlich davon überzeugt, dass der letzte Tropfen Öl in einem Flugzeugtriebwerk verbrannt wird, weil es technisch am günstigsten ist.

**Das Magazin** Einige Airlines bieten Ihren Passagieren über so genannte Klimarechner an, den Treibstoffverbrauch und damit den CO<sub>2</sub>-Ausstoß ihres Fluges zu bestimmen. Der Klimarechner bestimmt, wie hoch ein freiwilliger Spendenbeitrag ist, der dann in Umweltprojekte fließt. Was halten Sie von diesem Kompensationsmodell?

**Prof. Ulrich Schumann** Es hilft, um das öffentliche Bewusstsein für die Umweltproblematik zu schärfen. Der Passagier soll wissen, dass er als Fluggast zur weltweiten Klimaerwärmung beiträgt. Konsequenterweise müsste dieses Modell dann bei allen Verkehrsträgern angewandt werden. Bei Autofahrten, Bahnfahrten und Schiffsfahrten. Das Klimaziel unserer Regierung ist, dass jeder Bürger durchschnittlich nur noch zwei Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr produzieren soll. Wenn ich aber einmal nach Asien fliege, habe ich ja schon über eine Tonne verbraucht, somit das Jahrespensum halb aufgebraucht. Zurzeit verbraucht jeder deutsche Bürger zehn Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Wir müssen drastisch von dieser Zahl herunterkommen. Das ist eine riesige Aufgabe. Ich glaube nicht, dass wir das schaffen werden. Deshalb müssen wir hier einen Mittelweg finden.

**Das Magazin** Herr Professor Schumann, wir bedanken uns für dieses Gespräch.



## Der Fachmann

Prof. Ulrich Schumann ist seit 1982 Direktor des Instituts für Physik der Atmosphäre des DLR.

Das DLR ist das „Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt“ mit Zentrale in Köln. Das Institut für Physik der Atmosphäre ist Teil des DLR in Oberpfaffenhofen bei München. Schumann ist Professor an der Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München. Er war und ist wissenschaftlicher Koordinator vieler Forschungsprogramme, so zum Beispiel eines Schwerpunktprogramms der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Atmosphärenforschung zum Thema „Schadstoffe in der Luftfahrt“ und mehrerer EU-Projekte.