

**Kurzstudie über den
Flugrechner für Treibhausgasemissionen
der Studiosus Foundation e.V.**

November 2006

Inhalt

1	Treibhausgasemissionen durch Flugzeuge	3
2	Allgemeine Grundlagen der Emissionsberechnung	4
3	Funktionsweise des Flugrechners	5
3.1	Vorbemerkung	5
3.2	Ermittlung der Flugstrecken	5
3.3	Berücksichtigung von Flughöhe und -distanz	5
3.4	Auswahl des Flugzeugtyps	7
3.5	Berücksichtigung der Flugklasse	7
4	Zusammenfassung	8
5	Impressum	9

Treibhausgasemissionen durch Flugzeuge

1

Extreme Sommer, hohe Schäden durch Hurrikans, Gletscherschmelze, Meeresspiegelanstieg – der vom Menschen verursachte Klimawandel ist individuell wahrnehmbar geworden und zunehmend Thema in der Öffentlichkeit. Denn nach den heutigen wissenschaftlichen Erkenntnissen ist der global steigende Ausstoß von Treibhausgasen ursächlich für den vom Menschen verursachten Klimawandel.

Eine nicht zu unterschätzende Rolle bei der Emission von klimaschädlichen Treibhausgasen spielt der internationale Flugverkehr. Während noch 1990 der Anteil des Flugverkehrs an Klimagasen nur ca. 2 % betrug, liegt der Anteil mittlerweile bei ca. 3,5 % und wird aufgrund der stetigen Zunahme des zivilen Luftverkehrs in Zukunft weiter steigen.

Besondere Schädlichkeit haben die durch Flugzeuge emittierten Treibhausgase dadurch, dass sie – abgesehen vom so genannten Taxiverkehr am Boden – in großer Höhe ausgestoßen werden und dadurch eine deutlich höhere Schädlichkeit entfalten als andere Emissionen.

Treibhausgase werden häufig mit Kohlendioxid (CO₂) gleichgesetzt. Dies liegt zum einen daran, dass CO₂ der größte Anteil am Klimawandel zugeschrieben wird. Zum anderen wird CO₂ als Rechenmaßstab für alle Treibhausgase eingesetzt. Das heißt, die Emissionen aller anderen Treibhausgase werden bezüglich ihrer Schädlichkeit mit CO₂ verglichen und in Verhältnis gesetzt. Die so errechneten CO₂-Äquivalente dienen als einheitlicher Maßstab für die Gesamtheit der ausgestoßenen Treibhausgase.

Allgemeine Grundlagen der Emissionsberechnung

2

Die Berechnung von Treibhausgasemissionen basiert auf zwei festen Prinzipien:

1. Datenunabhängigkeit
2. Angemessene Genauigkeit

Datenunabhängigkeit bedeutet, dass nur solche Datenquellen verwendet werden, die aus unabhängigen, wissenschaftlichen Forschungsprojekten stammen. Das Prinzip der angemessenen Genauigkeit stellt sicher, dass alle Faktoren berücksichtigt werden, deren Einfluss auf das Ergebnis der Berechnung und damit des Ausgleichs der Emissionsmengen von Bedeutung ist. Sofern eine exakte (bis auf das kg genaue) Berechnung nicht in allen Fällen möglich ist oder aufgrund des hohen Aufwandes nicht zu angemessenen Kosten durchführbar und somit nicht sinnvoll ist, werden Mittel- bzw. Erfahrungswerte verwendet. In diesem Fall wird auf die vorgenommene Vereinfachung hingewiesen.

Grundsätzlich werden zwei Berechnungsmethoden eingesetzt:

1. Individuelle Berechnungen durch geschultes, wissenschaftliches Personal
2. Berechnungen durch automatisierte Klimarechner

Bei einer durch wissenschaftlich geschultes Personal durchgeführten Berechnung ist eine vergleichsweise große Genauigkeit der Berechnung von Emissionsmengen möglich. Diese Genauigkeit resultiert aus der Möglichkeit, verschiedene, spezifische Faktoren der zu neutralisierenden Tätigkeit (z.B. regionale Emissionsfaktoren für Strom, Gas oder Öl) berücksichtigen zu können.

Automatisierte Klimarechner basieren auf standardisierten Formeln und Erfahrungswerten und abstrahieren somit von individuellen Begebenheiten. Basis für die Berechnung sind beispielsweise nicht regionale, sondern nationale Emissionsfaktoren. Klimarechner stehen der Öffentlichkeit als Tool zur Verfügung und bieten der interessierten Öffentlichkeit die Möglichkeit, die von ihnen verursachten Emissionen zu ermitteln.

Funktionsweise des Flugrechners **3**

Vorbemerkung **3.1**

Ursächlich für die Treibhausgasemissionen des Flugverkehrs ist die Verbrennung von Flugbenzin durch die Flugzeugmotoren. Der Umfang der Emissionen hängt daher direkt vom Kraftstoffverbrauch ab. Die Höhe des Kerosinverbrauchs wiederum wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Neben dem Flugzeugtyp sind Anzahl der Passagiere, Umfang der sonstigen Zuladung sowie Wind- und Wetterverhältnisse zu nennen. Sobald ein Flugzeug Gegenwind hat, erhöht sich die aufzubringende Kraft und somit der Kraftstoffverbrauch.

Während die verschiedenen Flugzeugtypen beim Studiosus Foundation e.V. Flugrechner gesondert berücksichtigt werden, ist die individuelle Berücksichtigung von durch Passagiere und Zuladung beeinflusstem Fluggewicht sowie Wind- und Wetterverhältnissen im standardisierten Klimarechner nicht möglich. Daher werden Durchschnittswerte zugrunde gelegt.

Ermittlung der Flugstrecken **3.2**

Der Studiosus Foundation e.V. Flugrechner ist in der Lage, die Emissionen für alle theoretisch denkbaren Flugverbindungen weltweit zu ermitteln. Dies hat den Vorteil, dass sowohl die Emissionen durch neu in das Angebot von Studiosus Foundation e.V. aufgenommene Reisen als auch Flüge durch individuelle Anpassungen der Reisen durch die Reiseteilnehmer ermittelt werden können.

Grundlage der Ermittlung der Flugstrecken ist eine Datenbank, die alle relevanten Flughäfen mit internationalen Flughafencodes sowie genauen Koordinaten der Lage weltweit enthält. Anhand dieser Koordinaten wird nach wissenschaftlich anerkannten Verfahren unter Berücksichtigung der Erdkrümmung die Distanz zwischen den Flughäfen ermittelt. Dadurch ist es möglich, alle theoretisch denkbaren Flugverbindungen weltweit abzubilden.

Berücksichtigung von Flughöhe und -distanz **3.3**

Während der Umfang der Emissionen der Flugzeuge ausschließlich vom Kraftstoffverbrauch abhängt, der wiederum durch Fluggewicht und Wetterverhältnissen beeinflusst wird, ist bei der Ermittlung der CO₂-Äquivalente durch den Flugverkehr der RFI-Faktor als weitere Komponente zu berücksichtigen.

Unter dem Radiative Forcing Index (RFI) versteht man einen wissenschaftlich ermittelten Faktor, der die gesamte Klimawirkung des Flugverkehrs berücksichtigt. Die Klimaschädlichkeit von Treibhausgasemissionen des Flugverkehrs hängt entscheidend davon ab, in welcher Höhe die Emissionen getätigt werden. Die Flughöhe ist ein Faktor für die Bildung von Kondensstreifen und Zirruswolken, die das regionale Klima beeinflussen können.

Bei einem Flug von über 452 km wird davon ausgegangen, dass die Flughöhe mindestens 9 Kilometer beträgt, so dass die ausgestoßenen Klimagase wesentlich schädlicher sind als bei in geringerer Höhe geflogenen Kurzstrecken unter 452 km. Daher haben Flüge mit einer Distanz über 452 km einen höheren RFI-Faktor.

Zur Ermittlung der CO₂-Äquivalente ist die Flugdistanz in zweifacher Hinsicht zu berücksichtigen: Zum einen ist sie ausschlaggebend für die Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs des Flugzeugs. Würde man aber – analog zum PKW – nur den Kraftstoffverbrauch auf 100 Kilometer berücksichtigen, käme man beim Flugverkehr auf unzutreffende Ergebnisse. Beim Flugverkehr ist das Verhältnis der Flugphasen zur Gesamtlänge des Fluges von entscheidender Bedeutung. Jeder Flug gliedert sich in eine Steigflugphase, Reiseflugphase und Sinkflugphase. Während die Länge von Steig- und Sinkflugphase im Regelfall zwischen 50 und 300 Kilometer beträgt, hängt die Länge der Reiseflugphase von der Gesamtlänge des Fluges ab und kann mehrere tausend Kilometer betragen.

Da die Steigphase den höchsten Treibstoffverbrauch aufweist, ist das Verhältnis von Steigphase zur Gesamtlänge des Fluges von entscheidender Bedeutung für die Klimaschädlichkeit pro geflogenen Kilometer. Dadurch sind Mittelstreckenflüge bis 1.600 km tendenziell klimaschädlicher als Langstreckenflüge.

Es ist allerdings auch ein gegenläufiger Effekt zu betrachten. Wie oben erwähnt, beeinflusst das Fluggewicht den Kraftstoffverbrauch und somit die Schadstoffemissionen des Flugzeugs. Neben den Passagieren und der Zuladung bildet der Inhalt der Treibstofftanks eine weitere wesentliche Komponente bei der Ermittlung des Fluggewichts. Da für Langstreckenflüge insgesamt mehr Kerosin verbraucht wird als für kürzere Flüge müssen entsprechend höhere Treibstoffmengen mittransportiert werden. Diese erhöhen das Fluggewicht und somit den Kraftstoffverbrauch, was wiederum zu tendenziell höheren CO₂-Äquivalenten von Langstreckenflügen führt.

Kombiniert man nun Flughöhen, Flugdistanzen und Flugphasen, so lassen sich Flugprofile ermitteln. Für die häufigsten Flugprofile wurden RFI-Faktoren ermittelt, die im Studiosus-Klimarechner hinterlegt sind.

Auswahl des Flugzeugtyps

3.4

Der Kraftstoffverbrauch hängt selbstverständlich auch vom Flugzeugtyp ab. Hierbei ist nicht nur zwischen Düsen- und Propellerflugzeugen und den jeweils eingebauten Triebwerken zu unterscheiden, sondern auch der Flugzeugtyp an sich zu betrachten. Wie oben ausgeführt hängen die Treibhausgasemissionen von Flugzeugen unter anderem vom Fluggewicht ab. Das Fluggewicht wird durch die Ausstattung des Flugzeugs beeinflusst. Da die meisten Flugzeugtypen mit verschiedenen Triebwerken erhältlich sind und die Ausstattung der Maschinen durch die Fluglinien bestimmt wird, können keine allgemein verbindlichen Aussagen für die Treibhausgasemissionen eines Flugzeugtyps getroffen werden.

Bei der Entwicklung des Studiosus-Flugrechners wurden die veröffentlichten Emissionsdaten der gängigen Flugzeugtypen berücksichtigt. Sofern für einzelne Flugzeugtypen keine verlässlichen Emissionsdaten vorlagen, wurden stattdessen Durchschnittswerte unterstellt.

Der Nutzer des Studiosus-Flugrechners hat die Möglichkeit, den Flugzeugtyp optional einzugeben. Verzichtet er auf die Eingabe des Flugzeugtyps, erhält er die Emissionsdaten eines im Kurz-, Mittel- oder Langstreckenverkehr eingesetzten Durchschnittsflugzeugs. Nach Auswahl des Flugzeugtyps kann eine genauere Ermittlung der Emissionswerte erfolgen. Es kann aber dennoch nicht vollkommen

ausgeschlossen werden, dass individuelle Betrachtungen der Treibhausgasemissionen eines bestimmten Flugzeugs zu abweichenden Ergebnissen führen. Dies liegt darin begründet, dass bei der Programmierung des Studiosus-Flugrechners typische Flugzeugkonfigurationen und –Ausstattungen zugrunde gelegt wurden.

Berücksichtigung der Flugklasse

3.5

Unter Flugklassen versteht man im Zusammenhang mit dem Studiosus-Flugrechner die Komfortklasse, die nicht mit Buchungsklasse verwechselt werden darf. Während die Buchungsklasse ausschließlich Auswirkungen auf den Flugpreis und Reservierungs-, Umbuchungs- bzw. Stornierungsbedingungen hat, hat die Komfortklasse direkte Auswirkungen auf die anteiligen Treibhausgasemissionen eines jeden Fluggastes. Dies liegt darin begründet, dass Passagiere in den besseren Klassen deutlich mehr Platz eingeräumt wird als Passagieren der Economy Class.

Die Aufteilung der Flugzeuge in die Klassen First Class, Business Class und Economy Class, für die bei einzelnen Fluggesellschaften auch andere Begriffe verwendet werden, hängt sowohl vom Flugzeugtyp als auch von der betreibenden Fluggesellschaft ab, da jede Fluggesellschaft für jeden eingesetzten Flugzeugtyp individuelle Bestuhlungspläne hat. Während einige Fluggesellschaften vollständig auf die Unterteilung ihrer Maschinen in Komfortklassen verzichten, sind im Regelfall Business und Economy Class anzutreffen. Die First Class wird bei vielen europäischen Fluggesellschaften für Kurz-

und Mittelstreckenflüge nicht mehr angeboten.

Bei der Entwicklung des Studiosus-Flugrechners wurde für die Ermittlung der Flugklassen von häufig aufzufindenden Durchschnittswerten ausgegangen. Macht der Nutzer des Emissionsrechners keinerlei Angaben zur gewählten Komfortklasse, so erhält er als Ergebnis seiner Emissionsberechnung den anteiligen Durchschnittswert der Emissionen des gewählten Fluges bei durchschnittlicher Auslastung des Flugzeugs.

Wählt der Nutzer des Rechners eine Komfortklasse aus, so wird unterstellt, dass 20% der Sitze des Flugzeugs von Passagieren der Business Class genutzt werden und die übrigen 80% sich die Sitze der Economy Class teilen. Folglich werden dem Economy Class-Passagier nur 90% der durchschnittlichen Treibhausgasemissionen eines Fluggasts zugerechnet, werden sich der Business Class-Passagier 140% der durchschnittlichen Emissionen anrechnen lassen muss.

Zusammenfassung

4

Bei der Ermittlung der Treibhausgasemissionen eines Fluges sind neben den reinen CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Treibstoffen durch die Triebwerke zahlreiche weitere Faktoren zu berücksichtigen. Zur Berechnung der relevanten CO₂-Äquivalente sind neben der Entfernung zwischen Start- und Landeflughafen die Erdkrümmung, die Flughöhe, das sich aus Gewicht von Maschine, Treibstoff, Passagieren und Zuladung ergebende Fluggewicht, Wind- und Wetterverhältnisse, Flugprofil, Flugzeugtyp, Art der Triebwerke, Kabinenaufteilung sowie gewählte Komfortklasse zu berücksichtigen.

Die Berücksichtigung all dieser Faktoren ist nur bei individuellen Emissionsberechnungen unter Vorlage sämtlicher Flugdaten möglich. Dies würde eine umfassende Kooperation der jeweiligen Fluggesellschaft erfordern, da nur diese über die exakten Treibstoffverbrauchsdaten, genauen Flugrouten und Passagierzahlen verfügt. Folglich musste bei der Entwicklung des Studiosus Foundation e.V. Flugrechners an verschiedenen Stellen auf Durchschnitts- und Erfahrungswerte zurückgegriffen werden.

Impressum

Herausgeber

Studiosus Foundation e.V.
Riesstraße 25
80992 München

Telefon +49 89 / 500 60 602
Telefax +49 89 / 500 60 100

info@studiosus-foundation.org

Auftragnehmer

ClimatePartner GmbH & Co. KG
Schleißheimerstraße 26
80333 München

Tel +49 89 340 76 654
Fax +49 89 340 76 908
E-Mail info@climatepartner.com
Internet www.climatepartner.com



klimateutral
www.climatepartner.com

Partnerunternehmen

Sustainable Partner GmbH
info@sustainablepartner.com
www.sustainablepartner.com

Version: August 2007

Copyright

Das Copyright liegt bei den Verfassern und bei Studiosus. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung dieses Berichts in jeder anderen Form ist ausschließlich mit schriftlicher Zustimmung der Urheberrechtsinhaber zulässig.