

LBP-Mitteilung

5

(2010) Neues aus der Bauphysikalischen Lehre und Forschung, kurz gefasst

H. Krieg, R. Ilg, K. Sedlbauer

Ökobilanzielle Betrachtung der Nutzungsphase im Luftfahrtsektor

1. Hintergrund

Mobilität ist einer der wichtigsten Faktoren in der industrialisierten Gesellschaft. Für den Luftfahrtsektor werden bis zum Jahr 2020 im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern überdurchschnittliche Wachstumsraten erwartet. Weiterhin ist der Luftfahrtsektor von 2012 an im EU Emissionshandelssystem beinhaltet, die Emission von Treibhausgasen während der Flugphase wird somit zu einem direkten Kostenfaktor.

2. Auftrag und Ziel der Studie

In dieser Untersuchung erfolgt die ökobilanzielle Betrachtung der Nutzungsphase im Bereich der zivilen Passagierluftfahrt. Dabei wird nicht nur der Betrieb des Flugzeugs betrachtet, sondern auch die Umweltauswirkungen der Instandhaltungsprozesse und der Nutzung der Infrastruktur analysiert. Ziel ist die Ermittlung der gesamten Umweltlasten der Nutzungsphase im Luftfahrtsektor und die jeweiligen Anteile der betrachteten Module Betrieb des Flugzeugs, Wartung des Flugzeugs und Infrastrukturnutzung. Es werden unterschiedliche Flugzeugtypen, Flugstrecken und Auslastungen sowie der Einsatz von Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen untersucht. Die Studie wurde im Rahmen einer Diplomarbeit bei der Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi) des Lehrstuhls für Bauphysik der Universität Stuttgart erstellt.

3. Untersuchungsrahmen

Für die Untersuchung wird zunächst ein Referenzszenario festgelegt. Hierbei handelt es sich um einen Mittelstreckenflug mit einer Länge von 2.500 km mittels eines repräsentativen Mittelstreckenflugzeugs mit einer Kapazität von 150 Passagieren bei einer Auslastung von 68,1 %, was der durchschnittlichen Auslastung bei inner-europäischen Strecken entspricht. Funktionelle Einheit der Betrachtung ist das Zurücklegen einer Strecke von einem Kilometer durch einen Passagier. Die dazugehörige Einheit ist Passagierkilometer (Pkm).

Für die Instandhaltung des Flugzeugs sind aufgrund der Geheimhaltung von Flugzeugherstellern und -betreibern keine Informationen verfügbar. Hier wird auf die Ergebnisse einer vorangegangenen Untersuchung des Luftfahrtsektors mittels einer ökonomischen Input-Output-Lebenszyklusanalyse zurückgegriffen [3].

Zur Analyse der Infrastrukturnutzung wird der Flughafen Hamburg als Referenzflughafen herangezogen. Dessen jährliche Passagierzahl kommt dem durchschnittlichen Passagieraufkommen deutscher Flughäfen am Nächsten. Es wird der Anteil der Nutzung durch einen Passagier an den gesamten Umweltauswirkungen des Flughafens berechnet. Je Passagier und Flug erfolgt eine zweifache Nutzung der Infrastruktur, nämlich bei Start und Landung.

Abweichend vom Referenzszenario werden die folgenden Szenarien untersucht:

- Einsatz eines repräsentativen Kurzstreckenflugzeugs sowie eines repräsentativen Langstreckenflugzeugs
- Zurücklegen einer typischen Kurzstrecke mit einer Länge von 1.000 km sowie einer typischen Langstrecke mit einer Länge von 10.000 km
- Variationen der Auslastung (angenommene minimale Auslastung 55 %, angenommene maximale Auslastung 85 %)
- Verwendung von Kraftstoffgemischen aus Kerosin und Pflanzenöl. Hierbei werden zwei unterschiedlich hergestellte Pflanzenöle untersucht (Pflanzenöl aus reinem Jatrophaöl sowie gemischtes Pflanzenöl aus Sonnenblumen-, Raps-, Soja-, Palm- und Jatrophaöl). Weiterhin wird für beide Pflanzenöle jeweils einmal eine 20 %-ige und eine 50 %-ige Beimischung zum Kerosin angenommen.

4. Ausgewählte Ergebnisse

Es werden die Wirkungskategorien Versauerungspotential (AP), Überdüngungspotential (EP), Treibhauspotential (GWP), Sommersmogpotential (POCP) sowie der Primärenergieverbrauch (PE) betrachtet.

Referenzszenario

Der Betrieb des Flugzeugs verursacht bei den vier betrachteten umweltlichen Wirkkategorien und beim Primärenergiebedarf den Großteil der Auswirkungen, die Werte liegen je nach Kategorie zwischen 93 und 97 %. Die Nutzung der Infrastruktur trägt zu jeweils rund 4 % zu Treibhauseffekt und Primärenergieverbrauch bei, während der Beitrag zu den anderen Wirkkategorien unter 2 % liegt. Die Instandhaltungsprozesse des Flugzeugs schwanken in allen Wirkkategorien zwischen 1 und 2 %.

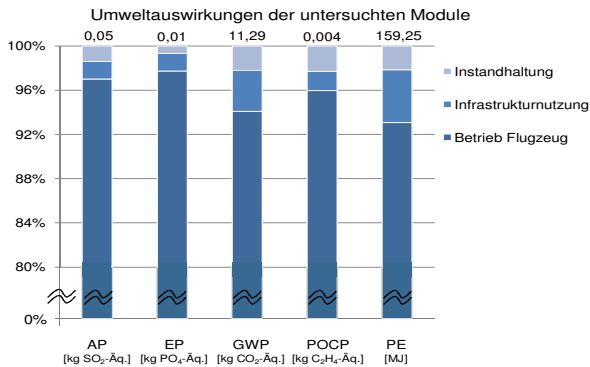


Bild 1: Umweltauswirkungen der untersuchten Module, bezogen auf 100 Passagierkilometer, Referenzflug Mittelstrecke. Betrachtete Wirkkategorien Versauerungspotential (AP), Überdüngungspotential (EP) Treibhauspotential (GWP), Sommermogpotential sowie zusätzlich Primärenergieverbrauch (PE).

Zu den Szenarien

Die Untersuchung des Einsatzes von Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen zeigt, dass hier im Vergleich zur Verwendung von Kerosin als Treibstoff die Möglichkeit zur Reduzierung der Emissionen von CO₂ und einer Verminderung des Primärenergieverbrauchs besteht. Gleichzeitig steigen jedoch die Beiträge zu Versauerung, Überdüngung und Sommersmogbildung. Dies ist auf die landwirtschaftlichen Prozesse wie Kultivierung und Düngung zurückzuführen.

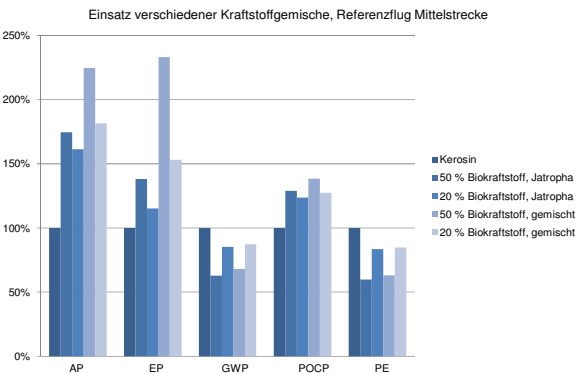


Bild 2: Umweltauswirkungen des Einsatzes von Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, Referenzflug Mittelstrecke

Es wird ersichtlich, dass der aus Jatropaöl gewonnene Kraftstoff in allen Wirkkategorien besser abschneidet als das gemischte Pflanzenöl. Dies ist auf die bedeutend höheren Ölerträge der Jatropapflanzen je Jahr und Hektar zurückzuführen.

Bei der Betrachtung des Langstreckenflugs erfolgt außerdem noch ein Vergleich zwischen der Mittelstreckenmaschine (MSF) und der Langstreckenmaschine (LSF). Die Mittelstreckenmaschine muss bei einer Flugstrecke

von 10.000 km eine Zwischenlandung einlegen, da die maximale Reichweite überschritten wird. Dennoch ist der Treibstoffverbrauch je Passagier um rund 10 % geringer als beim Langstreckenflugzeug. Dies ist auf das geringere Startgewicht je Passagier des Mittelstreckenflugzeugs zurückzuführen. Aufgrund unterschiedlicher Triebwerke verursacht das Langstreckenflugzeug trotz eines höheren Verbrauchs je Passagier geringere Beiträge zu Versauerung, Überdüngung und Sommersmogbildung.

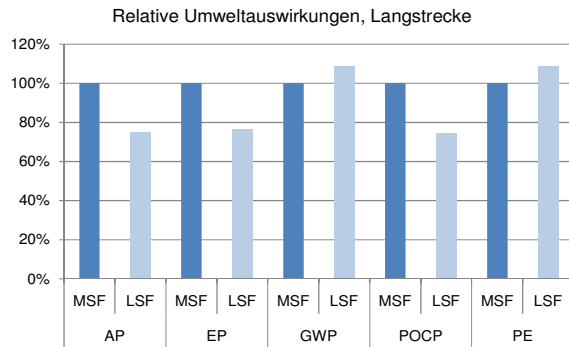


Bild 3: Umweltauswirkungen von Lang- und Mittelstreckenflugzeugen, bezogen auf 100 Passagierkilometer, Referenzflug Langstrecke.

Gleichzeitig zeigt sich, dass der durchschnittliche Verbrauch mit steigender Flugstrecke abnimmt, da im Gegenzug der Anteil der im Reiseflug zurückgelegten Strecke ansteigt. So verbraucht das Mittelstreckenflugzeug bei einer Strecke von 2.500 km 3 kg Kerosin je 100 Pkm, bei einer Flugstrecke von 10.000 km hingegen lediglich 2 kg je 100 Pkm. Gleiches gilt für das Langstreckenflugzeug, hier sinkt der Verbrauch von 3,4 kg Kerosin auf 2,2 kg Kerosin je 100 Pkm.

5. Fazit

Ziel der Studie war die Untersuchung der gesamten Umweltauswirkungen während der Nutzungsphase in der zivilen Passagierluftfahrt.

Es zeigte sich, dass der Betrieb des Flugzeugs die größten Umweltauswirkungen in allen betrachteten Wirkstoffkategorien verursacht. Durch den Einsatz von Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen lassen sich die Emissionen von Treibhausgasen reduzieren, im Gegenzug steigen jedoch die Beiträge zu Versauerung, Überdüngung und Sommersmogbildung durch landwirtschaftliche Prozessschritte. Der höhere Verbrauch des Langstreckenflugzeugs ist auf die um den Faktor fünf höhere Zuladung an Treibstoff zurückzuführen. Dies steigert zwar den Verbrauch, ermöglicht im Gegenzug jedoch auch das Zurücklegen langer Strecken ohne Zwischenlandung.

Literatur

- [1] Krieg, H.: Ökobilanzielle Betrachtung der Nutzungsphase im Luftfahrtsektor. Diplomarbeit; Stuttgart, 2009.
- [2] LBP, PE: GaBi 4 Software-System and Databases for Life Cycle Engineering. Copyright, TM.; Stuttgart, Echterdingen, 2009.
- [3] Chester, M.V: Life-cycle Environmental Inventory of Passenger Transportation in the United States. Berkeley, 2009.



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

Email: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de