



Umweltoptimierungen bei Flugzeugen gleichen der Quadratur des Kreises

Das Abwägen von technischen Massnahmen

Ein ideales Flugzeug sollte möglichst keinen negativen Einfluss auf das Erdklima haben, keine lokalen Luftbelastungen erzeugen und möglichst nicht hörbar sein. Dies sind zusammengefasst die Erwartungen in der Öffentlichkeit. Gleichzeitig möchten Flugreisende ein Minimum an Komfort, sei es, dass die Reisezeit nicht allzu lang ist oder dass das Flugzeug nicht während des ganzen Fluges in Luftschichten fliegt, wo es ständig durchgeschüttelt wird. Die Schwierigkeit, welche eine Luftfahrtbehörde wie das BAZL bei der Mitgestaltung und Verschärfung von Umweltaforderungen an Luftfahrzeuge hat, liegt in der Festlegung, wie negative Umwelteinwirkungen reduziert werden können, ohne dass gleichzeitig in einem andern Bereich die Umweltauswirkungen verstärkt werden.

Das erste Beispiel für diese Problematik stammt aus der Erforschung von Klimawirkungen. Nach heutigem Wissensstand sind Kondensstreifen eher leicht erwärmend. Auf den ersten Blick scheint es daher vernünftig, Kondensstreifen möglichst zu verhindern. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sparsamere Triebwerke, die weniger klimawirksames CO₂ ausstossen, tendenziell mehr Kondensstreifen bilden.

Das Bild unten zeigt die Aufnahme aus dem Cockpit eines Forschungsflugzeugs. Links ist eine rot-weiss markierte Sonde für Abgasmessungen zu sehen. Vorne fliegen zwei Langstreckenflugzeuge nebeneinander. Das Flugzeug vorne rechts ist ein veraltetes Muster mit höherem CO₂-Ausstoss, jedoch ohne Kondensstreifen. Links vorne fliegt das zeitgemässe Muster, dessen sauberere und kühlere Abgase aus den sparsameren Triebwerken eher Kondensstreifen erzeugen. Wieder Triebwerke zu bauen, die mehr CO₂ ausstossen, dafür weniger Kondensstreifen produzieren, kann keine Option sein.



Eine Variante, um der Kondensstreifenbildung entgegen zu wirken, wäre die Wahl anderer Flughöhen. Aber dadurch wird der CO₂-Ausstoss meist erhöht, weil das Flugzeug seine bezüglich Treibstoff-Effizienz optimale Flughöhe verlassen muss. Wird die Reiseflughöhe zudem nach unten korrigiert, so nimmt auch die Flugzeit zu, weil das Flugzeug nicht mehr so schnell fliegen kann. Zusätzlich kann der Passagierkomfort leiden, da das Flugzeug eher in den wetteraktiven Luftschichten fliegt und dadurch mehr Erschütterungen ausgesetzt ist.

Das zweite Beispiel betrifft die Entwicklung von Triebwerken, welche den Treibstoff effizienter in Schub umsetzen und dadurch weniger klimawirksames CO₂ ausstossen. Dies hat tendenziell zu einer Zunahme der Stickoxide geführt. Um diese ungewollte Abhängigkeit zu durchbrechen sind sehr komplexe Verbrennungstechnologien nötig, deren Entwicklung wegen den Anforderungen an die Betriebssicherheit sehr aufwändig ist. Die wechselnden Betriebsbedingungen von sehr heiss bis sehr kalt, die Anforderungen an einen Triebwerkstart in grosser Höhe und die Lastwechsel, vor allem bei Turbulenzen, Landeanflügen oder Durchstartmanövern und eine Lebensdauer von rund 30'000 Betriebsstunden sind in jedem Fall zu erfüllen. Auch neue und komplexe Technologien zur Reduktion von Stickoxiden müssen den Anforderungen an die Betriebssicherheit genügen. Triebwerkhersteller arbeiten heute mit Hochdruck daran, die Technologie der Magerverbrennung zu perfektionieren, um trotz Reduktion von CO₂ auch Stickoxide reduzieren zu können.

Das dritte Beispiel zeigt die Schwierigkeit, Lärm und CO₂ gleichzeitig weiter zu reduzieren. Personen, die einen Start oder eine Landung des Grossraumflugzeuges Airbus A380 erleben, berichten von einem vergleichsweise erstaunlich geringen Schallpegel. Tatsächlich hat der A380 im Laufe seiner Entwicklungsgeschichte einen neuen Flügel bekommen, um beim Start besseres Steigen zu ermöglichen, was am Boden den Lärm reduziert. Spezielle Verkleidungen an den Fahrwerken reduzieren den Lärm vor allem beim Landen zusätzlich. Solche Massnahmen, welche Aerodynamik und Gewicht des Flugzeugs negativ beeinflusst haben, führen aber nach Schätzungen des BAZL zu einem Mehrverbrauch an Treibstoff von rund 7 Tonnen Kerosin pro Langstreckenflug und damit zu einem zusätzlichen CO₂-Ausstoss.

Ein anderer Versuch der Industrie, CO₂ und Stickoxide gleichzeitig zu reduzieren, ist das Open-Rotor-Konzept. Vereinfacht gesagt geht es darum, dass die Antriebspropeller (Rotoren) mittels Untersetzungsgetriebe aussen am Triebwerk angebracht werden und nicht wie heute die Fans innerhalb der Ummantelung. Grosse Propeller sind vom Vortrieb her effizienter, als Fan-Triebwerke. Eine Verbrauchsreduktion von 20 % gegenüber heute scheint realisierbar, allerdings schneiden so grosse Propeller lärmässig ungünstiger ab, weil sie tiefere Frequenzen produzieren als die heutigen Jet-Triebwerke. In der Atmosphäre werden tiefe Frequenzen wenig gedämpft und sie können Gebäude relativ leicht durchdringen. Zudem muss das Open-Rotor-Konzept den Nachweis der Betriebssicher-

heit und Dauerhaftigkeit noch erbringen. Zur Lärmreduktion kann der grosse Rotor wieder ummantelt werden, was aber auch das Gewicht erhöht. Die neuen von Swiss bestellten Regionalflugzeuge sind mit solchen Triebwerken ausgerüstet. Die Treibstoffersparnis und die CO₂-Reduktion sind bescheidener als beim Open-Rotor, aber die Triebwerke sind sehr leise.



Snecma Open Rotor, © Snecma

Entscheid für technische Massnahmen stellt die Weichen auf lange Zeit

Sind die Weichen einmal in eine bestimmte Richtung gestellt, so sind die Konsequenzen langfristig, einerseits wegen der sehr langen Entwicklungszeit von Flugzeugen und deren Antrieben (mindestens 6 bis 10 Jahre) und den aufwändigen Nachweisen für die Betriebssicherheit, andererseits auch wegen der langen Lebensdauer von Flugzeugen (30 Jahre). Widersprüche müssen dabei gegeneinander abgewogen werden: Weniger CO₂ gegen Stickoxide, weniger CO₂ gegen Kondensstreifen und weniger CO₂ gegen Lärm. Und je nachdem Stickoxide gegen Feinstaub.