

Titel: Application of Model Based System Engineering (MBSE) methods in designing hybrid and electric propulsion system for aircraft

Autor: Dipl.-Ing. Magdalena Peciak

Promotorzy: dr. hab. inż. Wojciech Skarka, prof. PŚ., Prof. Dr.-Ing. habil. Maik Gude

Stichworte: alternative Antriebssysteme, Model-Based Systems Engineering (MBSE), Flugzeugentwurfsprozess, parametrische Modelle

Zusammenfassung:

Bei der Analyse der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen ist festzustellen, dass Flugzeuge nicht die größten Emittenten sind, aber im Gegensatz zu anderen Verkehrsmitteln stoßen sie Schadstoffe in großen Höhen aus und tragen so zur Bildung von Zirruswolken bei. Diese Wolken wirken wie eine Decke: Zum einen verringern sie die von der Sonne gelieferte Wärmemenge, zum anderen verhindern sie, dass überschüssige Wärme von der Erdoberfläche abgestrahlt wird, was besonders in der Nacht wichtig ist. Aus diesem Grund ist die Einführung von emissionsfreien und emissionsarmen Antriebssystemen in der Luftfahrt notwendig.

Obwohl fast alle Emissionen auf große Passagierflugzeuge entfallen, ist die Allgemeine Luftfahrt (GA) ein besserer Ausgangspunkt für die Einführung von Änderungen und die Entwicklung neuer Lösungen in der Luftfahrt, als dies in der Vergangenheit der Fall war. Dies liegt an der größeren Vielfalt der GA-Flugzeuge und der Flexibilität bei der Konstruktion. Darüber hinaus erlaubt der derzeitige Entwicklungsstand einiger alternativer Antriebskomponenten und ihre Eigenschaften, insbesondere in Bezug auf das Gewicht, ihren Einsatz nur in kleineren Flugzeugen.

Eines der Probleme im Zusammenhang mit dem Einsatz alternativer Antriebssysteme in der Luftfahrt ist der Mangel an historischen Daten, auf denen der herkömmliche Flugzeugentwurfsprozess basiert, und die Notwendigkeit, die neuen Parameter zu integrieren, die alternative Antriebssysteme kennzeichnen. Aus diesem Grund ist es ein langwieriger und kostspieliger Prozess, ein Flugzeug von Grund auf für ein neues Antriebssystem zu entwerfen. Ein weiterer Aspekt, der insbesondere bei Hybridantrieben analysiert werden muss, ist die Energiestrategie, die sich direkt auf die Reichweite und Leistung des Flugzeugs auswirkt. Diese Strategie wie verschiedene Energiequellen zum Antrieb der Propeller beitragen bzw. diesen unterstützen, entweder mit einer konstanten Rate oder in Abhängigkeit von der Flugphase und Faktoren wie dem verfügbaren Energieniveau.

Das Ziel dieser Dissertation ist es, eine Anpassung des Flugzeugentwurfsprozesses für alternative Antriebssysteme zu entwickeln. Die Hauptannahme, auf der die entwickelte Anpassung des Entwurfsprozesses basiert, besteht darin, die Werte der Hauptkräfte, die auf das Flugzeug wirken, mit seinen Entwurfsparametern in Beziehung zu setzen. Um dies zu erreichen, werden parametrische Modelle der alternativen Antriebssysteme und des Flugzeugs entwickelt und mit Hilfe eines modellbasierten Systementwurfs (MBSD) in den Entwurfsprozess integriert, wodurch fehlende historische Daten durch modellbasierte Daten ersetzt werden können. Darüber hinaus ermöglicht die vorgeschlagene Anpassung auch eine engere Zusammenarbeit zwischen Flugzeugherstellern und Lieferanten von Antriebssystemen und Energiespeichern.

Das Antriebsmodell ermöglicht die Bestimmung der erforderlichen Parameter seiner Hauptkomponenten auf der Grundlage der Flugmission, für die das Flugzeug entworfen wird. Die Kenntnis dieser Parameter ermöglicht es, die Größe und das Gewicht der Komponenten abzuschätzen, was wiederum die optimale Konstruktion der Flugzeugzelle mit Hilfe eines parametrischen Flugzeugmodells unterstützt. Dieser Ansatz ermöglicht es, die Antriebsparameter in sehr kurzer Zeit zu analysieren, die geeignete Strategie für den Betrieb zu wählen, falls mehrere Energiequellen verwendet werden, die verschiedenen Parameter der Flugmission zu untersuchen und das optimale Zellenkonzept zu entwickeln, wobei die Integration der Hauptkomponenten des alternativen Antriebssystems von Anfang an berücksichtigt wird.

Eine Anpassung des in dieser Arbeit entwickelten Flugzeugentwurfsprozesses wurde angewandt, um ein GA-Flugzeugkonzept für vier Personen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb zu entwerfen.

Dieser Ansatz ist universell einsetzbar und kann auch auf Drohnen oder andere Flugzeugtypen mit konventionellem Antriebssystem angewendet werden.