

## Experimentelle und analytische Ermittlung der Lastfaktoren eines Kunstflugzeuges

Diese Bachelorarbeit wurde als Beitrag zu den Zertifizierungsarbeiten eines Schweizer Kunstflugzeuges, der Votec 322, verfasst. Das BAZL (Bundesamt für Zivilluftfahrt) verlangte eine Studie über die Lasten, welche das Flugzeug während abrupten Manövern ausgesetzt ist. Die vorliegende Arbeit stellt den ersten Schritt zu einem solchen Lastmodell dar.

Um eine solche Studie erarbeiten zu können, wurden mit einer Votec 322 - versehen mit Messinstrumenten - mehrere Flugversuche geplant und durchgeführt. Im Flugzeug installierte Sensoren zeichneten die Lastenvielfachen, Steuerausschläge, sowie unter anderem die Änderungsraten der Längs-, Quer- und Gierwinkel auf. Sogenannte "checked" und "unchecked" Manöver wurden gemäss CS-23 von einem auf dem Flugzeugmuster erfahrenen Piloten geflogen. Des Weiteren wurde eine Simulationssoftware in MATLAB auf die Votec 322 angepasst, um alle abrupten Manöver simulieren zu können. Die Resultate dieser Simulation wurden dann mit den Messungen verglichen.

Während der Flugerprobung erlaubten die gemessenen Parameter eine genaue Abbildung des Flugverhaltens und vieler Randbedingungen, welchen das Flugzeug ausgesetzt ist. Solch extreme Manöver führten oft kurzzeitig zu einem Strömungsabriss. Ebenso war es für den Piloten sehr schwierig, ausschliesslich die gewünschten Steuerflächen auszuschiessen.

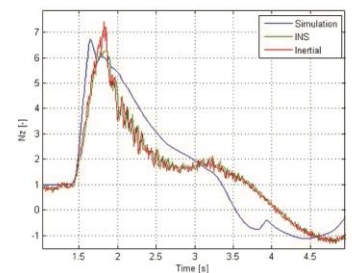
Die Resultate der Simulation stimmen mit den Messresultaten überein, vorausgesehen man beachtet alle Einschränkungen, getroffene Annahmen und Annäherungen, welche im Modell getroffen werden mussten. Die "unchecked" Manöver mussten mit einem einfachen Impuls auf die entsprechende Steuerfläche geflogen werden und wurden vom Modell für die Dauer des Manövers korrekt abgebildet. Diese gute Übereinstimmung war für das Retablieren des Manövers nicht mehr festzustellen.

Abschliessend zeigten die Versuche, dass die Steuerkräfte für kleine Steuerausschläge kaum existent sind und es somit schwierig ist, die Steuer stur neutral oder in einer vorgegebenen Position zu halten. Dies rechtfertigt auf alle Fälle die Implementierung des Verhaltens in einem Modell mit 6 Freiheitsgraden. Die Simulation konnte mit dem Einbeziehen einer besseren Abbildung des Strömungsabrissverhaltens, sowie einer genaueren Stabilitätsanalyse des Flugzeuges verbessert werden. Mit einer optimalen Parametrisierung kann dieses Modell in Zukunft möglicherweise dazu verwendet werden, genaue Fluglasten im Zuge der Zertifizierung nach CS-23 zu erzeugen.



Diplomierende  
Nataël Kocher  
Samantha Wagner

Dozierende  
Michel Guillaume  
Pierluigi Capone  
Leonardo Manfrani



Load factor  $N_z$ , unchecked manoeuvre "5b". Blau: Simulation. Rot und grün: Messungen.



Votec 322.