

Vergleich zweier Methoden zur Bereitstellung von hochaufgelösten Daten atmosphärischer Turbulenz für die Simulation einer Tragflügelumströmung

C. Helmke (1), T. Auerswald (2), S. Raasch (1), and J. Bange (2)

(1) Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover, (2) Institut für Geowissenschaften, Eberhard Karls Universität Tübingen

Die Frage, wann die Strömung um einen Tragflügel und eine Triebwerksgondel während des Fluges abreißt, hat eine hohe Bedeutung für den Flugverkehr. Insbesondere im Langsamflug während der Landephase könnten bei genauer Kenntnis des Überziehverhaltens die Grenzen des fliegbaren Bereiches erweitert werden. Damit wäre eine Reduzierung der Lärmimmission oder Erhöhung der Flugfrequenzen unter Beibehaltung der Flugsicherheit möglich.

Zu hohe Risiken und Kosten experimenteller Flugerprobungen verhindern aber teilweise ein Austesten der Grenzen des fliegbaren Bereiches oder unterbinden sogar innovative Konfigurationen. Der Einsatz numerischer Simulationen zur Untersuchung des Überziehverhaltens spielt daher eine wichtige Rolle in der Erprobung des fliegbaren Bereiches.

Atmosphärische Turbulenz könnte einen großen Einfluss auf das Abreißen der Strömung um den Tragflügel und die Gondel haben. Gewöhnlich wird in numerischen Modellen für Tragflügelumströmungen die atmosphärische Turbulenz mit Hilfe einfacher stochastischer Modelle bereitgestellt. Diese einfachen Modelle sind aber nicht in der Lage, die Vielfalt verschiedener meteorologischer Bedingungen zu berücksichtigen, da Turbulenz in der atmosphärischen Grenzschicht oft nicht normalverteilt ist und kohärente Strukturen auftreten können.

Das für die Tragflügelumströmung eingesetzte numerische Modell ist der vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt entwickelte TAU Code. Es ist in der Lage, als DES Modell eine Strömung um Hindernisse auf einem unstrukturiertem Gitter zu simulieren und dabei ein stromaufwärts aufgeprägtes turbulentes Windfeld zu verwenden. Zwei Methoden sind entwickelt worden, um TAU mit einem realitätsnahen turbulenten Windfeld zu initialisieren. Bei der ersten Methode werden dreidimensionale turbulente Windfelder aus eindimensionalen Flugmessungen der realen Atmosphäre generiert. Aus dem Energiespektrum, der Korrelationsmatrix der Impulsflüsse und den Geschwindigkeitsvarianzen der gemessenen Zeitreihen ist es möglich, ein synthetisches dreidimensionales Feld zu erzeugen. Eine hohe Anzahl an Messreihen, die unter verschiedensten meteorologischen Bedingungen mit dem von einem Helikopter getragenen Messsystem Helipod gewonnen worden sind, ist bereits vorhanden.

Die zweite Methode verwendet das parallelisierte Large-Eddy Simulationsmodell PALM, um hochaufgelöste Strömungen der atmosphärischen Grenzschicht zu simulieren. Vier unterschiedliche Szenarien sind ausgewählt worden: eine homogen geheizte konvektive Grenzschicht sowohl ohne als auch mit einem moderaten mittlerem Wind, eine heterogen geheizte konvektive Grenzschicht und eine stabile Grenzschicht. Die Simulationen geben eine reale dreidimensionale Atmosphäre wieder, sind aber im Gegensatz zur ersten Methode sehr rechenintensiv.

Für den Vergleich beider Methoden werden virtuelle Flugmessungen im PALM Modellgebiet durchgeführt, um damit reale Messungen in der Atmosphäre nachzuahmen. Mit Hilfe dieser virtuellen eindimensionalen Messreihen wird dann ein dreidimensionales Feld entsprechend der ersten Methode generiert und mit den simulierten Feldern aus PALM verglichen.

Unterschiede und Übereinstimmungen beider Felder werden ermittelt, um die erste Methode zu verifizieren. Es kann gezeigt werden, dass die statistischen Eigenschaften der beiden Felder gut übereinstimmen. Typische kohärente Strukturen der atmosphärischen Grenzschicht, beispielsweise Warmluftblasen oder Konvergenzlinien, können dagegen nicht von dem generiertem Feld widergegeben werden. Auch Höhenabhängigkeiten von Geschwindigkeitsvarianzen oder turbulenten Flüssen sowie die nicht normale Verteilung der vertikalen Geschwindigkeitskomponente werden nicht generiert.

Beide Felder werden später verwendet, um TAU zu initialisieren und um damit den Einfluss der Unterschiede der beiden Methoden auf die Strömung in TAU genau zu untersuchen.