

## RANS-Turbulenzmodellierung für subsonische druckinduzierte Strömungsablösung

T. Knopp<sup>1</sup>, M. Novara<sup>1</sup>, D. Schanz<sup>1</sup>, A. Schröder<sup>1</sup>, C. Willert<sup>2</sup>, A. Krumbein<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: DLR, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Bunsenstr. 10, 37073 Göttingen

<sup>2</sup>: DLR, Institut für Antriebstechnik, Linder Höhe, 51147 Köln

Für die Realisierung der Vision eines Virtuellen Flugzeugs müssen die Flugeigenschaften auch an den Grenzen des Flugbereichs mit CFD-Verfahren hochgenau und effizient vorhergesagt werden können. Für die Vorhersage der dort auftretenden Strömungsphänomene ist die physikalische Modellierung der Turbulenz von primärer Bedeutung. Im Hochauftrieb wird die Grenze des Flugbereichs durch subsonische, druckinduzierte Strömungsablösung bei positivem Druckgradienten sowie dessen Einfluss auf freie Scherschichten und Nachläufe im Bereich der Hinterkantenklappe bestimmt. Momentan kommen für numerische Simulationen derartiger Strömungen um große, komplexe Flugzeug-Geometrien in Hochauftriebskonfiguration lediglich RANS-Turbulenzmodelle in Frage, da Rechenkosten und Zeitaufwand für skalenauflösende Verfahren der Turbulenz (wie z.B. hybride RANS/LES-Methoden) derzeit viel zu hoch sind und skalenauflösende Verfahren für Strömungsablösung an glatten Oberflächen hochkomplexer Geometrien noch nicht ohne weiteres einsatzbereit sind.

Die bisher vorhandenen RANS-Modelle erreichen im Bereich des Maximalauftriebs allerdings nicht die erforderlichen Genauigkeitsmargen. Daraus leitet sich die Aufgabenstellung der Verbesserung von RANS-Modellen für subsonische Ablösung ab, wobei der Fokus auf differentiellen Reynoldsspannungsmodellen (RSM) liegt. Die im DLR-Projekt Digital-X begonnenen Modellverbesserungen für Grenzschichten mit positivem Druckgradienten (s. [1]) sollen hin zu Flug-Reynoldszahlen und in die druckinduzierte Ablösung hinein erweitert werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, besteht der erste Schritt darin, eine Datenbank für hochgenaue Mess- oder Simulationsdaten über subsonische, druckinduzierte Strömungsablösung bei hohen Reynoldszahlen aufzubauen. Im zweiten Schritt werden physikalische Gesetzmäßigkeiten, sogenannte Wandgesetze, für die mittleren Geschwindigkeitsprofile und für die mittleren turbulenten Schwankungsbewegungen (die sog. Reynoldsspannungen) formuliert. Schritt drei besteht darin, die Wandgesetze in RANS-Modellverbesserungen zu überführen. Das Fehlen von hierfür geeigneten, verfügbaren Daten verhindert bislang jedoch fundierte Arbeiten zu den Schritten zwei und drei. Die benötigten Messdaten wurden daher im DLR-Projekt VicToria in einem eigens entworfenen Windkanalexperiment erzeugt, das hochwertige, weltweit einmalige Daten liefert [2].

In diesem Beitrag werden zunächst die wissenschaftlichen Fragestellungen und die daraus resultierende Auslegung des VicToria-Experiments dargestellt. Anschließend wird der Entwurf der Geometrie mittels RANS-Simulationen und der Erfahrungen eines vorangegangenen DFG-Experiments<sup>a</sup> bei moderatem positiven Druckgradienten ohne Ablösung an der sogenannten RETTINA-II-Geometrie beschrieben. Danach stellen wir die eingesetzten Messtechniken basierend auf Particle Image Velocimetry (PIV) und Lagrangian Particle Tracking (LPT) vor, s. [2]. Daran anschließend beschreiben wir die Ergebnisse der Messungen für die mittleren Geschwindigkeitsprofile und die Reynoldsspannungen und die darauf basierende Erweiterung der Wandgesetze bis in die Ablösung hinein. Abschließend werden die verbesserten RANS-Modelle mit den experimentellen Daten validiert und erste Schlussfolgerungen gezogen.

a: „Analyse turbulenter Grenzschichten mit Druckgradient bei großen Reynoldszahlen mit hochauflösenden Vielkameramessverfahren“ (Fördernummer KA 1808/14-1 & SCHR 1165/3-1)

[1] T. Knopp: „A new wall law for adverse pressure gradient flows and modification of k- $\omega$  type turbulence models“, AIAA-Paper 2016-0588

[2] A. Schröder et al.: „Investigation of a high Reynolds number turbulent boundary layer flow with adverse pressure gradients using PIV and 2D- and 3D- Shake-The-Box“, Abstract accepted for 19th International Symposium on Applications of Laser and Imaging Techniques to Fluid Mechanics, 16 - 19 July 2018, Lisbon, Portugal

