Hessisches Kompetenzzentrum
für Hochleistungsrechnen

CFD-Simulation der Fahrzeugumströmung - Einfluss unterschiedlicher Heckformen



Researchers
Daniel Hanssmann and Lukas Kutej

Principal Investigator
Prof. Dr.-Ing. Cameron Tropea

Project Term
2013 - 2013

Clusters
Lichtenberg Cluster Darmstadt

Institute
Fachgebiet Strömungslehre und Aerodynamik

University
Technische Universität Darmstadt

Introduction

Der Luftwiderstand spielt als Teil des gesamten Fahrzeugfahrwiderstands eine entscheidende Rolle beim Karosserie-Entwurf und dessen Optimierung. Schon die Grundform beeinflusst die aerodynamischen Eigenschaften des Fahrzeuges stark. Die größten Energieverluste beziehen sich auf den instationären Nachlauf. Die Wirbelstrukturen im Nachlauf sind von der Fahrzeugheckform direkt beeinflusst. Grundsätzlich werden drei Heckvarianten unterschieden, das Stufenheck, das Schrägheck und das Vollheck. Eine wichtige Rolle spielt die Ablösung der Strömung und die Impulsrückgewinnung. In dieser Masterarbeit soll mittels numerischer Strömungssimulationen geklärt werden, wie sich die drei Heckformen und ihre Nachläufe untereinander unterscheiden.

Methods

Es werden Druckfelder auf der Fahrzeugoberfläche und sich daraus ergebende Luftwiderstände einzelner Oberflächenkomponenten ermittelt. Simuliert wird das Fahrzeugmodell „DrivAer“, das an der TU München in Kooperation mit Audi AG und BMW Group entworfen wurde. Alle Simulationen werden mit der Software AVL FIRE der Fa. AVL List GmbH, Graz durchgeführt. Zur Erfassung von relevanten hoch-instationären Wirbelstrukturen im Nachlauf des Fahrzeuges eignen sich wirbelauflösende hybride LES/RANS Modelle sehr gut. Die vorliegende Arbeit zielt insbesondere auf die Anwendung der sog. PANS (Partially-Averaged Navier Stokes)

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
UNIKASSEL VERSITÄT
Philipps Universität Marburg

Methode in Verbindung mit einem die Reynolds Spannungsanisotropie erfassenden Turbulenzmodell ab.

Neben einer stationären RANS Simulation, wird auch eine instationäre RANS Simulation und eine instationäre PANS Simulation durchgeführt. Die PANS Simulationen liefern im Vergleich zu den URANS und RANS Simulationen sehr gute Ergebnisse. Die Abweichung der PANS Ergebnisse von den Referenzwerten liegt beim Widerstand bei allen Heckformen unterhalb von fünf Prozent. Beim Stufenheck liegt diese bei -0,011 (-3,74 %), beim Vollheck bei -0,011 (-3,36 %) und beim Fließheck lediglich bei -0,003 (-1,03 %). In allen Fällen konnte die Abweichung im Vergleich zu den RANS Simulationen mehr als halbiert werden. Auch beim Auftrieb führt PANS zu den besten Näherungen.

Den höchsten Widerstandsbeiwert weist das Vollheck auf. Dies lässt sich mit dem größten Totwasser und dem längsten und dicksten Nachlauf aller Heckformen erklären, welcher für einen starken Impulsverlust in Fahrtrichtung sorgt. Die Heckgeometrie des Vollhecks sorgt, abgesehen vom Totwassergebiet, kaum für eine Ablenkung der Stromlinien. Einhergehend erfährt das Vollheck kaum eine Rückstoßwirkung mit Vertikalkomponente, womit sich der geringste Auftriebsbeiwert dieser Heckkonfiguration erklären lässt. Die Betrachtung der Druckbeiwerte unterstreicht dies durch den höheren Druck auf dem Fahrzeugdach und dem niedrigeren Druck auf der Fahrzeugunterseite im Heckbereich, verglichen mit den beiden anderen Heckvarianten. Fließheck und Stufenheck weisen ein deutlich kleineres Totwassergebiet und einen deutlich kürzeren und dünneren Nachlauf auf, was sich im geringeren Widerstandsbeiwert beider Heckformen niederschlägt.

Im Vergleich zum Vollheck erfährt die Strömung beim Verlassen der Oberseite des Fließ- und des Stufenhecks eine starke Vertikalkomponente, wodurch beide Heckformen eine nach oben gerichtete Rückstoßkraft erfahren, die sich in den deutlich höheren Auftriebsbeiwerten beider Heckformen quantifiziert. Bei beiden Heckformen liegt ein geringerer Druck auf dem Fahrzeugdach als beim Vollheck vor. Die Unterschiede des Widerstandes zwischen Fließheck und Stufenheck erweisen sich als zu gering, um sie in den qualitativen Abbildungen zu validieren. Der geringere Auftriebsbeiwert des Stufenhecks lässt sich hingegen an dem im Mittel geringeren Druck des Stufenhecks entlang der Fahrzeugoberfläche, vor allem dem hinteren Bereichs des Fahrzeugdachs, belegen.

Results

Bei allen Heckkonfigurationen zeigen die zwei gegensätzlich drehenden Wirbelstrukturen die zweidimensionalen Spuren des dreidimensionalen Ringwirbels im Totwassergebiet. Es konnte gezeigt werden, dass das DrivAer-Modell grundsätzlich eine hohe Eignung für das tiefergehende Verständnis und die detaillierte Analyse der aerodynamischen Phänomene an Kraftfahrzeugen, insbesondere bezogen auf die aerodynamischen Auswirkungen der Fahrzeugheckform, aufweist. Ebenso konnte gezeigt werden,

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
UNIKASSEL VERSITÄT
Philipps Universität Marburg

dass sowohl die Simulationssoftware AVL FIRE der AVL List GmbH als auch das Partially-AveragedNavier-Stokes (PANS) Modell als hybrides Verfahren zur Simulation turbulenter Strömungen eine hohe Eignung für die Simulation und einhergehende Analyse aerodynamischer Problemstellungen an Kraftfahrzeugen aufweisen.

Last Update: 2020-09-10 10:59