

Mitteilung

Fachgruppe: Aerodynamik bodengebundener Fahrzeuge

Experimental Investigation of the Flow Field of a Notchback and Estate-Back Full-Scale DrivAer Model with Ground Simulation

Knaus, Lisa*; Haff, Johannes*; Lietmeyer, Christoph*; Weinman, Keith*; Fey, Uwe*; Ehrenfried, Klaus*; Wagner, Claus*

*VOLKSWAGEN AG, Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg; +Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Bunsenstr. 10, 37073 Göttingen, lisa.knaus@volkswagen.de

Hintergrund:

Die zeitgemäße aerodynamische Entwicklung von Kraftfahrzeugen erfolgt in heutigen Automobil-Windkanälen im Maßstab 1:1 und virtuell mit Hilfe von Strömungssimulationen mittels CFD. Zur Validierung der verwendeten CFD-Methoden werden entsprechende Windkanalmessdaten benötigt. Um die Ergebnisse unterschiedlicher CFD-Methoden konsistent vergleichen und einordnen zu können wurde sich auf eine von Heft 2012 vorgestellte generische Fahrzeuggeometrie, das sogenannte DrivAer Modell, verständigt. Das DrivAer Modell hat die geometrischen Proportionen eines PKWs der Mittelklasse und ist modular aufgebaut. Diese Modulbauweise ermöglicht es, verschiedene Karosserieformen darzustellen.

Die für das industrielle Umfeld interessantesten Konfigurationen sind dabei das Stufen- und das Vollheck. Die jeweiligen CFD-Tools müssen in der Lage sein, die durch die verschiedenen Heckformen induzierten Strömungsfelder hinreichend genau abbilden zu können. Um sich möglichst auf den Einfluss der Grundform des Fahrzeugs zu begrenzen, wurde zur Vereinfachung die Fahrzeugkonfiguration mit glattem Unterboden und geschlossenen Kühlluft-ein- und auslässen gewählt. Die für die Vergleichbarkeit von Prüfstandsversuch und Straßenfahrt wichtige Raddrehung wird mit berücksichtigt.

Es hat sich bereits gezeigt, dass die Konfiguration mit glattem Unterboden bei der Vollheckvariante zu einem nach oben ausgerichteten Nachlauf mit erhöhtem Luftwiderstand führt. Daher wird zusätzlich der Einfluss einer Spoilerlippe am Ende des Diffusors auf den Nachlauf des Vollhecks untersucht. Im Vergleich zur Änderung der Heckform muss der Einfluss einer solch kleinen Variation der Geometrie ebenfalls von den verwendeten CFD Methoden erfasst werden können und stellt einen weiteren Validierungsfall dar.

Die Verfügbarkeit von Messdaten mit Bodensimulation und drehenden Rädern ist bisher nur eingeschränkt verfügbar und soll durch diese Arbeit ergänzt werden.

Methode:

Die experimentellen Untersuchungen wurden im Aero-Akustik-Windkanal der VOLKSWAGEN AG (VW) in Wolfsburg mit einem Versuchsfahrzeug im Maßstab 1:1 durchgeführt. Es handelt sich dabei um einen Windkanal Göttinger Bauart mit einer $\frac{3}{4}$ -offene Messtrecke und einer modernen Bodensimulation. Diese besteht unter anderem aus einem Laufband-System mit vier individuellen Radantriebseinheiten und einem Mittellaufband, das die Bewegung der Straße relativ zum Modell simuliert. Zunächst wird die Bodengrenzschicht am Düsenaustritt über die gesamte Düsenbreite abgesaugt. Vor dem Mittellaufband findet eine erneute Absaugung der sich wieder aufgebauten Grenzschicht statt. Zusätzlich wird der Impulsverlust über ein konstantes Ausblasen ausgeglichen. Die Windgeschwindigkeit im Plenum wird mit Hilfe der Plenummethode geregelt. Der Windkanal verfügt zusätzlich über ein Traversensystem, mit dessen Hilfe unter minimaler Beeinflussung des Strömungsfeldes Messungen im gesamten Plenum automatisiert durchgeführt werden können.

Das Modell besitzt 217 Oberflächendruckbohrungen, die sich unter anderem in der Hauptsymmetrieebene befinden. Zusätzliche Druckmessstellen befinden sich am Fahrzeugheck mit insgesamt 132 Messstellen am Stufen- und 52 Messstellen am Vollheck.

Die Ergebnisse der Strömungsfeldmessungen basieren auf Totaldruckmessungen mit Reihen unterschiedlicher Ausführung. Alle statischen Druckmessstellen auf der

Modelloberfläche und die Totaldruckrechen wurden über PVC-Schläuche mit piezoresistiven Differenzdruckaufnehmern verbunden. Die Differenzdruckaufnehmer besitzen eine interne Temperaturkompensation und haben bei einem Messbereich von ± 7 kPa laut Hersteller einen Messfehler von ± 0.03 %FS und eine Auflösung von 0.07 Pa. Die Messdaten wurden mit einer Frequenz von 650 Hz und einer Messzeit von jeweils 60 s aufgezeichnet und anschließend zeitlich gemittelt. Der Referenzdruck wurde nahe dem Referenzdruck des Windkanals an der Plenumswand neben der Düse abgenommen.

Ergebnisse:

Der Vergleich der Oberflächendrücke zwischen den beiden Karosserievarianten Vollheck und Stufenheck zeigt einen hohen Grad an Übereinstimmung im vorderen Fahrzeugbereich. Erst ab der B-Säule zeigen sich signifikante Unterschiede im Oberflächendruck, die auf die unterschiedlichen Heckformen zurückzuführen sind.

Um die Umströmung der Heckbereiche besser analysieren zu können, werden Oberflächendrücke an zusätzlichen Druckbohrungen auf der Heckscheibe des Stufenhecks analysiert und mit veröffentlichten Ergebnissen aus Messungen mit skalierten Modellen verglichen. Dabei zeigt sich ein hoher Grad an Übereinstimmung.

Zusätzlich werden die gemessenen Grenzschichtverläufe in der Symmetrieebene am Unterboden und auf dem Dach des Modells ausgewertet und präsentiert, zu denen es bisher keine bekannten veröffentlichten Daten gibt. Die Messung der Grenzschicht am Unterboden zeigt, zusammen mit den gemessenen Oberflächendrücken, dass die Strömung der Geometrie gut folgen kann. Nachlaufsnitte in der Symmetrieebene beider Karosserievarianten zeigen die Topologie der Nachlaufgebiete und das deutlich nach oben verschobene Totwassergebiet des Vollheckfahrzeugs. Durch eine Spoilerlippen am Diffusor kann die Nachlauf-topologie und damit der Luftwiderstand signifikant beeinflusst werden. Dies zeigt sich in den Strömungsmessdaten in Form eines deutlich symmetrischeren Nachlaufgebiets.

Im Nachlaufgebiet beider Heckvarianten zeigen sich ebenfalls die Wirbelstrukturen aus der Umströmung der A-Säule sowie den Außenspiegeln. Die genaue Vorhersage der Strömungsstrukturen in diesen Bereichen des Nachlaufgebietes ist für die CFD besonders herausfordernd und die Messdatenbasis daher eine wichtige Grundlage für die weitere Validierung. Referenzdaten sind hier wichtig, um die Leistungsfähigkeit von CFD-Tools beurteilen zu können. Bei der Stufenheckvariante hat sich zusätzlich gezeigt, dass es herausfordernd ist, die Ablöseblase auf der Heckscheibe mit der Strömungssimulation richtig vorherzusagen. Die gezeigten Messergebnisse sind daher für die Validierung der Strömungssimulation auch hier eine wichtige Grundlage. Zum Abschluss werden die Vor- und Nachteile von Totaldrucksonden für Strömungsfeldmessungen diskutiert. Mit Ihnen können schnell und einfach Messrechen gebaut und großflächige, relativ fein aufgelöste, Messungen durchgeführt werden. Totaldrucksonden sind robust und können in unterschiedlichsten Rechengeometrien verwendet werden. Der verwendete Messaufbau mit Schlauchverbindungen zwischen Sonden und Druckaufnehmern erlaubt ein schlankes Design der verwendeten Rechen und eine möglichst minimale Beeinflussung der zu messenden Strömung.

Ein Nachteil von Totaldrucksonden ist ihre Sensitivität gegenüber des Anströmwinkels. Ein möglicher Messfehler durch den Anströmwinkel kann durch reine Messungen des Totaldrucks nicht quantifiziert werden. Indirekt kann dies über CFD-Ergebnisse abgeschätzt werden, da hier lokale Geschwindigkeitskomponenten und somit Anströmwinkel bekannt sind. Hier zeigt sich, dass der lokale Anströmwinkel relativ zur Sondenachse in den meisten Bereichen, mit ausreichendem Abstand zum Fahrzeug, klein ist. Dies trifft nicht auf das Rückströmgebiet hinter dem Fahrzeug zu, hier sind Anströmwinkel bis 180° möglich, daher können hier keine Ergebnisse gezeigt werden. Somit ergibt sich ein Auswertefenster bis zu einer unteren Grenze von 20% der Geschwindigkeit der freien Anströmung. Ein weiterer Nachteil ist die Schlauchlänge zwischen Sonde und Druckaufnehmer. Diese führt dazu, dass nur zeitlich gemittelte Daten betrachtet werden können.

Zusammenfassend bietet dieses Paper einen umfassenden Einblick in relevante Strömungsbereiche um das DrivAer Modell. Es zeigt ergänzende Messdaten zu der bereits vorhandenen Datenbasis veröffentlichter Messungen. Der Einfluss dreier Geometrievarianten auf die generelle Nachlauf-topologie wird gezeigt und die effektive Verwendung robuster Messmethoden diskutiert.