

Gasdynamik von Airbag-Kaltgasgeneratoren

Numerische Simulation des Ausströmvorgangs eines Airbag-Kaltgasgenerators

P. Scholz, E. Schnorr, Institut für Strömungsmechanik, TU Braunschweig

Kurzgefasst

- Kompressible Strömungen
- Transientes Ausströmverhalten von Kaltgasgeneratoren
- Unterexpandierter Freistrah
- Untersuchung von Verzweigungsgeometrien

Airbags sind ein wesentlicher Bestandteil des Sicherheitskonzepts von Automobilen. Sie dienen dem Schutz der Insassen bei einer Kollision des Fahrzeugs. Dazu wird ein Luftsack in wenigen Millisekunden durch ein Gas befüllt, sodass der Insasse von diesem aufgefangen wird. Durch die Vermeidung des Aufpralls auf eine harte Oberfläche, reduziert der Airbag die wirkende Verzögerung auf den Körper des Insassen und damit die Verletzungsgefahr. Heutige Fahrzeuge besitzen eine Vielzahl von unterschiedlichen Airbag-Typen, wie Fahrer- und Beifahrer-, Seiten-, Knie-, Vorhang- oder Fußgänger-Airbags. Die Airbags unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Form, ihres Volumens und der Befüllkanäle, die den Zustrom des Gases und somit die Entfaltung des Airbags optimieren.

Die Befüllung des Airbags mit dem Gas kann durch zwei unterschiedliche physikalische Vorgänge realisiert werden. Bei den sogenannten Heißgasgeneratoren entsteht das Gas durch die Verbrennung eines Feststofftreibsatzes. Sie werden beispielsweise im Lenkrad eingesetzt und schützen den Fahrer bei einer frontalen Kollision. Die zweite Variante sind die Kaltgasgeneratoren, die ein unter hohem Druck stehendes Gas (z. B. Helium) in einem Hochdruck-Gasspeicher enthalten. Zur Initiierung des Aufblasvorgangs des Airbags, wird eine Membran durch die elektrische Zündung eines Sprengsatzes zerstört, sodass das Gas mit hoher Geschwindigkeit herausströmt und den Airbag befüllt. Kaltgasgeneratoren zeichnen sich durch höhere Geschwindigkeiten und Massenströme als Heißgasgeneratoren aus. Sie werden beispielsweise bei Vorhang-Airbags eingesetzt, die im Dachhimmel im Bereich der B-Säule installiert werden. Aufgrund der kleineren Knautschzone bei seitlichen Kollisionen und des geringen Abstands der Insassen zu den Seitenwänden des Fahrzeugs, müssen sich die Vorhang-Airbags besonders schnell entfalten.



Abbildung 1: Kaltgasgenerator (mit Helium) mit zwei gegenüberliegenden Ausströmöffnungen

Die gasdynamischen Vorgänge des Ausströmens aus einem Kaltgasgenerator und ebenfalls das Verhalten der Strömung in den Kanälen des Airbags sind weitestgehend unerforscht. Die Entfaltung von Airbags wird mit Hilfe einer "Uniform Pressure"-Randbedingung, die eine gleichmäßige Verteilung des Drucks im Airbag annehmen (siehe z. B. in [1] und [2]), numerisch simuliert. Diese Randbedingung kann aber vermutlich die transienten Vorgänge beim Ausströmen aus einem Kaltgasgenerator nicht ausreichend abbilden. Das DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) hat einen ersten Schritt hinsichtlich der Erforschung der gasdynamischen Vorgänge beim Ausströmen aus einem Kaltgasgenerator geleistet. Es wurden beispielsweise PIV (Particle Image Velocimetry)-Untersuchungen an einem Ersatzsystem mit durchbelasteter Umgebung durchgeführt (siehe in [3]) und auch die Dichtegradienten eines Kaltgasgenerators mit der Background Oriented Schlieren Technik gemessen (siehe in [4]).

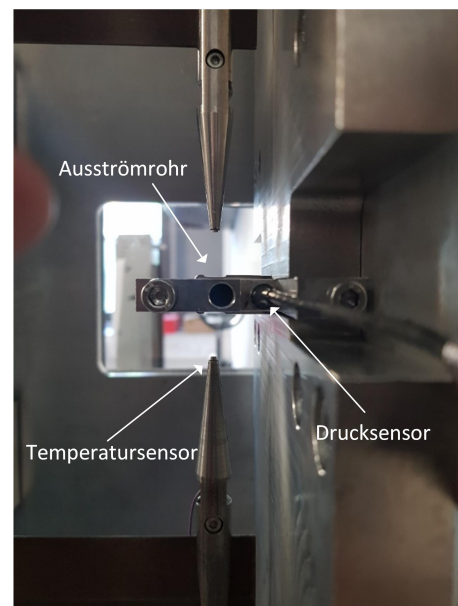


Abbildung 2: Versuchsaufbau zur Erfassung der Totaltemperaturen im Freistrah

Um die gasdynamischen Vorgänge des Ausströmens aus einem Kaltgasgenerator (siehe Abb. 1) zu verstehen, sind weitere Untersuchungen notwendig. Diese werden experimentell und numerisch durchgeführt. Dazu wird das Problem vereinfacht und die Ausströmung ohne Luftsack untersucht. Zunächst wird die Ausströmung in eine freie Umgebung untersucht und in diesem Zusammenhang werden die Sensitivitäten und Schwankungsgrößen analysiert. In experimentellen Untersuchungen wurden Messungen des Totaldrucks und der Totaltemperatur (siehe Abb. 2) im Freistrah und im Ausströmrrohr (vgl. Abb. 1), der statische Druck im Ausströmrrohr, sowie PIV-Messungen (siehe Abb. 3) zur Bestimmung des mittleren Geschwindigkeitsfelds und Schlieren durchgeführt.

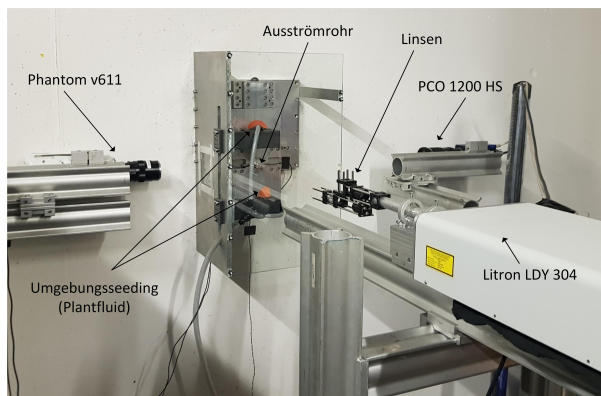


Abbildung 3: PIV-Versuchsaufbau

Zur Aufschlüsselung des gesamten Strömungsfelds werden zusätzlich numerische Untersuchungen benötigt. Da die innere Geometrie von Kaltgasgeneratoren mit Filtern und Verzweigung sehr komplex ist, werden die numerischen Simulationen ab dem Ausströmrrohr durchgeführt. Hierbei werden als transienten Randbedingungen Totaldruck- und Totaldruckmesskurven vorgegeben. Ziel ist es mit dieser Vereinfachung die Zustandsgrößen im Freistrah reproduzieren zu können und ein weitergehendes Verständnis des Ausströmvorgangs eines Kaltgasgenerators zu erhalten. Als nächster Aspekt wird der Ausströmvorgang in ein Kanalsystem mit Verzweigungen untersucht. Dazu werden generische starre Geometrien (L-, T-, Y-Stücke) an das Ausströmrrohr integriert. Es wird hierbei analysiert, wie sich die Strömung bei einer Teilung hinsichtlich Ablösungen und der Gleichmäßigkeit mit den darin einhergehenden Schwankungsgrößen und Sensitivitäten verhält und welche Auswirkungen der erhöhte Gegendruck durch das Integrieren der Verzweigungsgeometrien hat. Zur Validierung sollen hierzu ebenfalls experimentelle Untersuchungen folgen. Es werden somit die grundlegenden Charakteristika des gasdynamischen Vorgangs des Ausströmens aus einem Kalt-

gasgenerator in eine freie Umgebung und in Verzweigungssysteme erforscht.

WWW

<https://www.tu-braunschweig.de/ism>

Weitere Informationen

- [1] **Rieger, D.** (2005): *Numerische Modellierung des Aufblasvorgangs eines Airbags und der thermo-chemischen Prozesse im Gasgenerator*, Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München.
- [2] **Beesten, B.; Hirth, A.; Reilink, R.; Remensperger, R.; Rieger, D. und Seer, G.** (2004): *OOP- Simulation - A Tool to Design Airbags? Current Capabilities in Numerical Simulation*. In: Airbag 2004, 7th International Symposium and Exhibition on Sophisticated CarOccupant Safety Systems, V19, Karlsruhe.
- [3] **Voges, M.; Klinner, J.; Willert, C.; Blümcke, E.** (2007): *PIV Messungen in interagierenden Überschall-Freistrahlen in druckbelasteter Umgebung*. In: GALA 2007, 15. Fachtagung Lasermethoden in der Strömungsmesstechnik, Rostock.
- [4] **Klinner, J.; Willert, C.; Blümcke, E.; Glumm, M.-S.** (2008): *Zeitaufgelöste Visualisierung von Dichtegradienten im Strömungsfeld von Airbag Gasgeneratoren*. In: GALA 2008, 16. Fachtagung Lasermethoden in der Strömungsmesstechnik, Karlsruhe.