

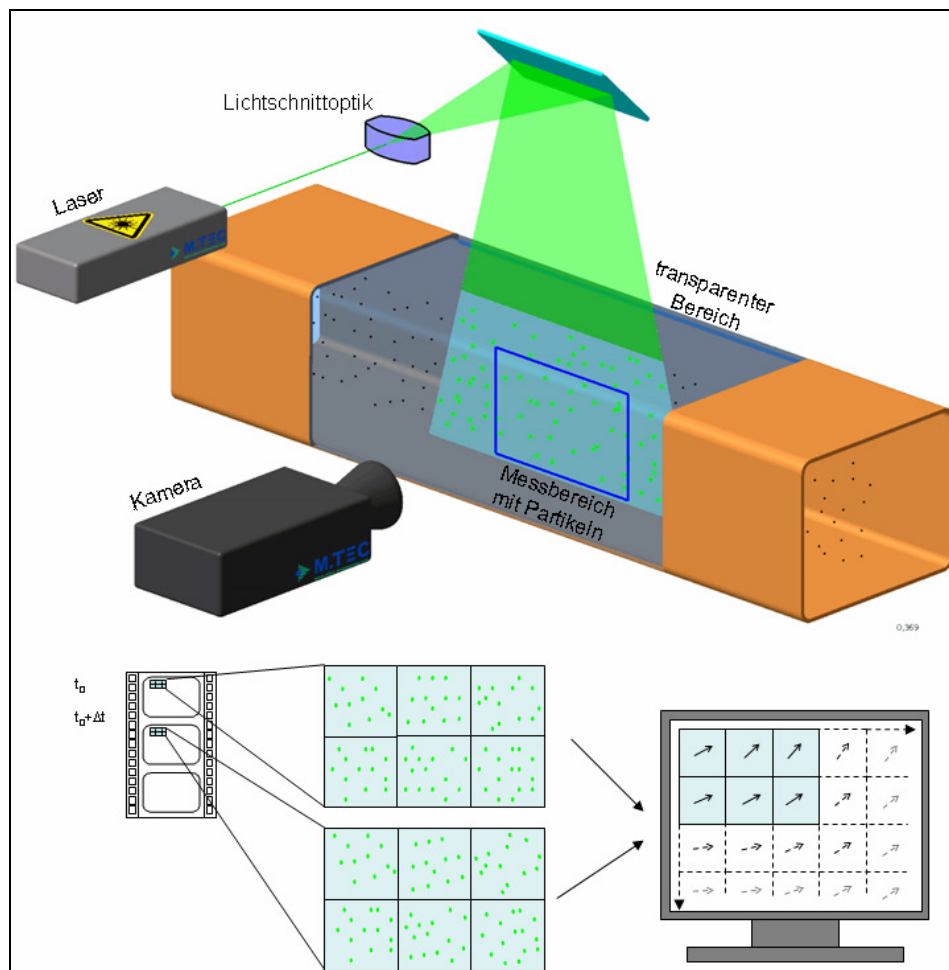
## PIV in der Praxis: Strömungsmessungen an einer Mitteldüse

Die Particle-Image-Velocimetry (PIV) ist ein laseroptisches Verfahren zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten. Es erfasst in einer Momentaufnahme das instationäre Strömungsfeld innerhalb eines ebenen Messbereiches. Zur Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten werden mehrere Aufnahmen hintereinander durchgeführt.

Da es sich um ein optisches Verfahren handelt, arbeitet es berührungsfrei, d.h. die Strömung wird während der Messungen nicht gestört. Andererseits ist eine optische Zugänglichkeit zum Messbereich notwendig. Bei Innenströmungen erfordert dies das Einbringen von Fensterbereichen oder transparenten Bauteilen.

Bei der Messung wird ein Laser mit einer Lichtschnittoptik zu einer Ebene aufgespannt. Der Laser wird gepulst und gibt einen schnellen Doppelblitz (im kHz-Bereich) ab. Dem Strömungsmedium werden sehr kleine Partikel (z.B. Aerosole) zugesetzt, die der Strömung nahezu schlupffrei folgen. Mit einer speziellen Digitalkamera können die aufblitzenden Partikel aufgenommen werden.

Aus der Bewegung der Partikel zwischen den beiden Blitzen kann ein Messrechner mit Hilfe von Kreuzkorrelationsalgorithmen die Geschwindigkeitsverteilung innerhalb des Bildausschnittes ermitteln.



**Bild 1: PIV, die Technik**  
– Rohrströmung  
– Laserebene  
– Digitalkamera  
– Auswertung

Die M.TEC Engineering GmbH setzt die PIV-Technik zur Analyse und Optimierung von Strömungen ein. So z.B. im Bereich der Fahrzeugklimatisierung.

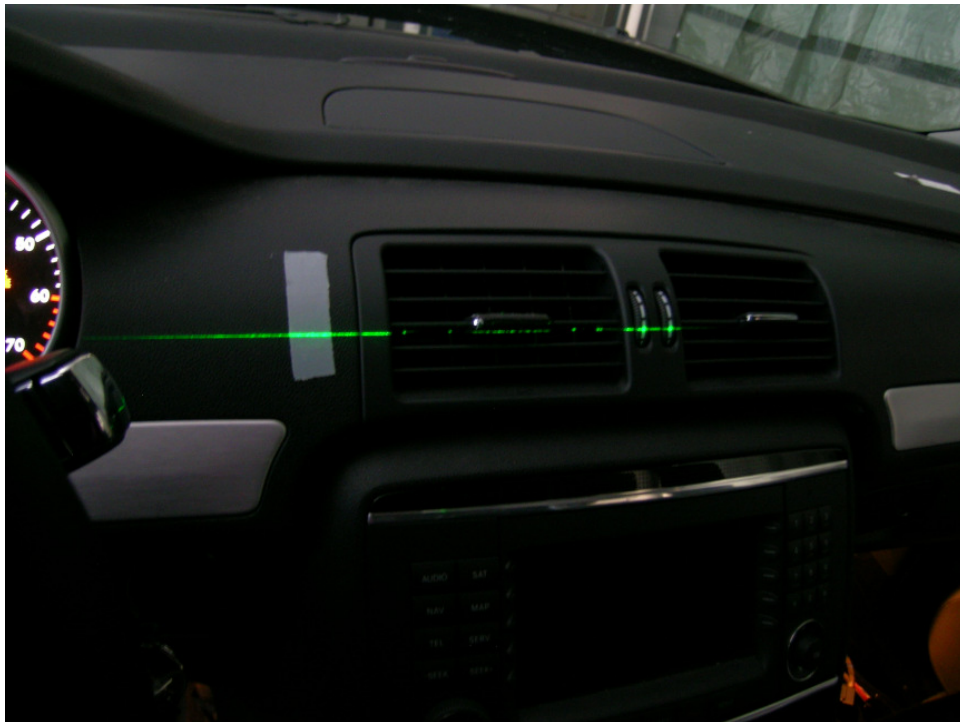
## Praxisbeispiel Mitteldüse im Fahrzeug

Die Klimatisierung eines Fahrzeugs ist ein wesentlicher Bestandteil des Insassenkomforts. Wichtig für das Empfinden der Klimatisierung sind einerseits Temperatur- und Luftverteilung und andererseits speziell bei den Düsen die Ausströmrichtung und -geschwindigkeit.

Das Auströmungsverhalten einer Düse hat dabei in hohem Maße Einfluss auf das Wohlbefinden der Fahrgäste. Zu hohe Strömungsgeschwindigkeiten werden teilweise als unangenehm wahrgenommen (Zugerscheinung), zu geringe Strömungsgeschwindigkeiten können aber auch eine zu geringe Leistungsfähigkeit der Klimaanlage suggerieren. Auch eine von den Gitterlamellen abweichende Strömungsrichtung kann irritierend wirken.

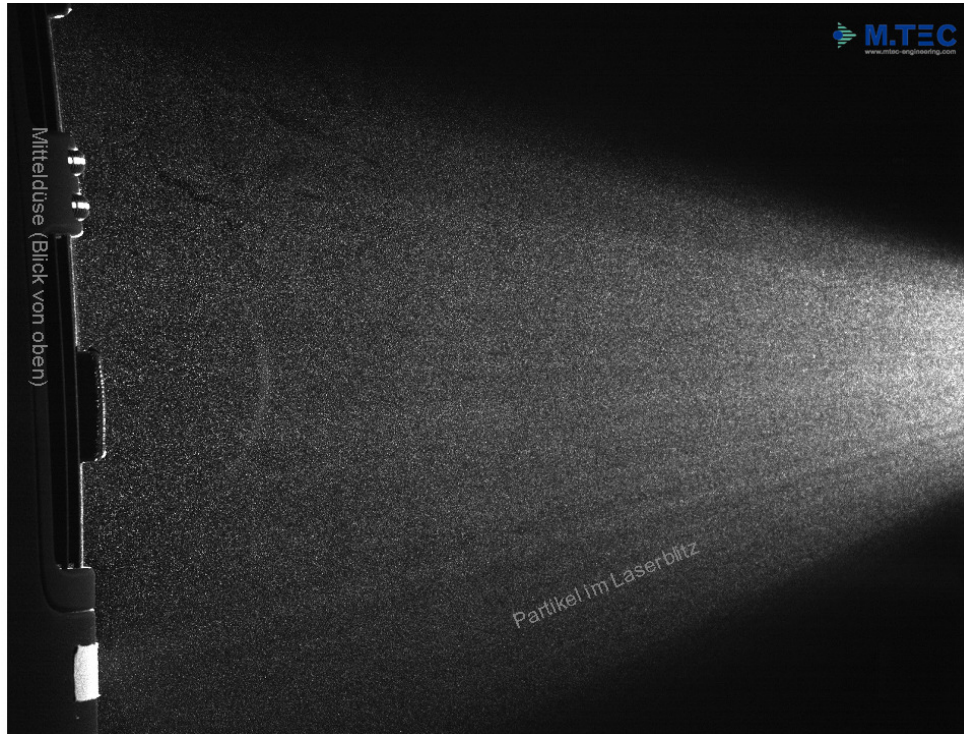
Es gibt im Fahrzeug eine Vielzahl unterschiedlicher Klimatisierungsdüsen mit ganz unterschiedlichen Aufgaben: Fußraumausströmer, Defrostdüsen zum Enteisen der Windschutzscheibe, mittige und außen sitzende Personenanströmer mit/ohne Lamellengitter, Diffusausströmer, etc. Alle haben ihre eigene Strömungscharakteristik.

Die Möglichkeiten der PIV-Technik zur Strömungsuntersuchung werden im Folgenden am Beispiel einer Mitteldüse zur Fahrzeugklimatisierung beschrieben: Für diese Untersuchung wurde der Laser innerhalb des Fahrzeugs positioniert, die Laserebene liegt horizontal auf Düsenmitte (siehe Bild 2). Die Kamera befindet sich über dem Fahrzeug, sodass die Bilder von oben durch die Windschutzscheibe aufgenommen werden.

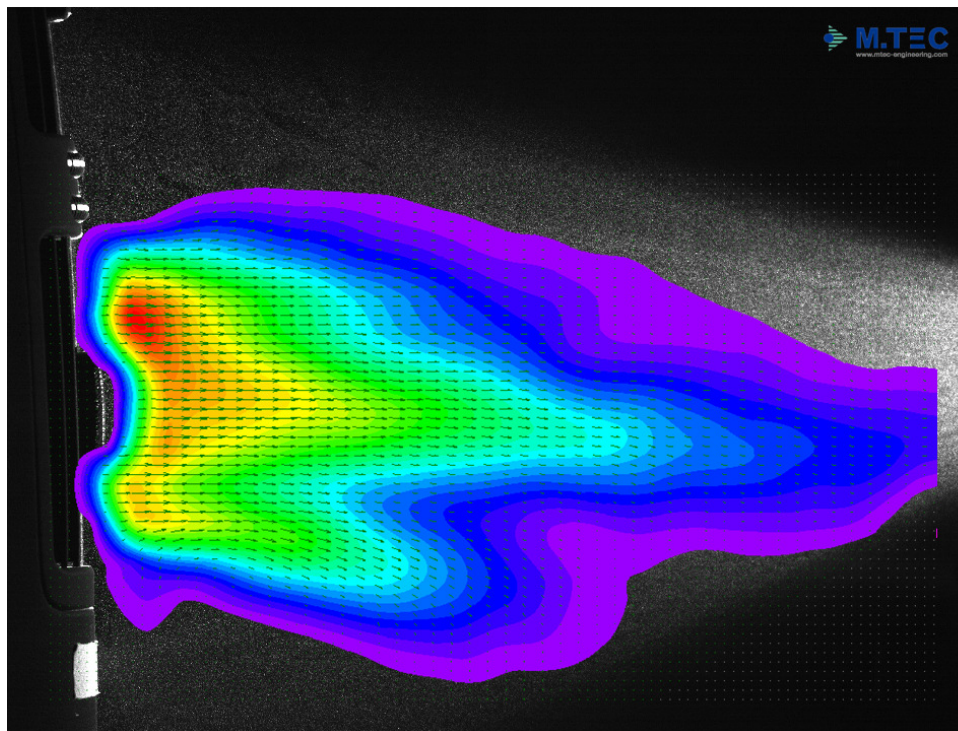


**Bild 2: Versuchsaufbau  
Laserebene mittig auf  
Kfz-Mitteldüse**

Der Blick „durch“ die Kamera ist in Bild 3 zu erkennen. Dieses zeigt auf der linken Seite die Mitteldüse, von rechts strahlt der Laser in das Strömungsfeld. Dadurch sind die aufleuchtenden Partikel gut sichtbar.



**Bild 3: Messaufnahme Mitteldüse und Messbereich (Blick von oben)**



**Bild 4: Messergebnis Geschwindigkeitsverteilung und Strömungsrichtungen**

Eine über mehrere Sekunden gemittelte Messung ergibt ein Ergebnis wie in Bild 4 dargestellt. Die Visualisierung der Strömung wurde über das Foto geblendet. Farblich dargestellt sind die Strömungsgeschwindigkeiten (ansteigend von violett über blau, grün, gelb zu rot). Die Pfeile zeigen die jeweilige Strömungsrichtung an. Das Ergebnis zeigt einen Hauptstrahl in der Mitte, der eine gerade Ausrichtung hat, analog zur Stellung der Lamellen. Etwas unterhalb gibt es einen etwas schwächeren Nebenstrahl, der einen Winkel zur Hauptausströmrichtung aufweist. Ebenfalls erkennbar ist ein leichter Wirbel im Bild unten an der Düse.



Die Rechenkapazität moderner Computersysteme erlaubt eine sehr schnelle Auswertung. Die Ergebnisse aus der PIV-Messung stehen nach wenigen Momenten zur Verfügung. Selbst eine Online-Betrachtung ist mit vereinfachten Algorithmen möglich.

Die zeitnahe Analyse und Visualisierung des Strömungsfeldes ist die Grundlage für einen schnellen Optimierungsprozess. Aus diesem Grund setzen wir die PIV-Technik innerhalb von Entwicklungsprojekten mit strömungstechnischen Problemstellungen ein.

Neben der Fahrzeug- und Gebäudeklimatisierung eignet sich PIV als Messmethode für Produkte aus der Hausgeräteindustrie (z.B. Wäschetrockner, Haartrockner, Staubsauger) oder im Bereich der Aerodynamik (z.B. Fahrzeugumströmung im Windkanal), u.a.

Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.



**M.TEC**  
Ingenieurgesellschaft  
für kunststofftechnische  
Produktentwicklung mbH

Dornkaulstraße 4  
D-52134 Herzogenrath

**Telefon**  
+49 24 07 / 95 73 - 0

**Telefax**  
+49 24 07 / 95 73 - 25

**Internet**  
[www.mtec-engineering.de](http://www.mtec-engineering.de)