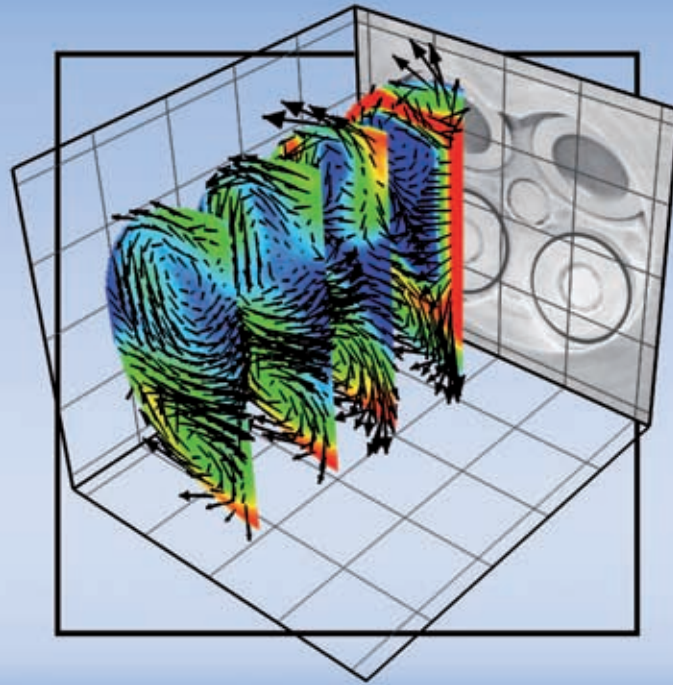
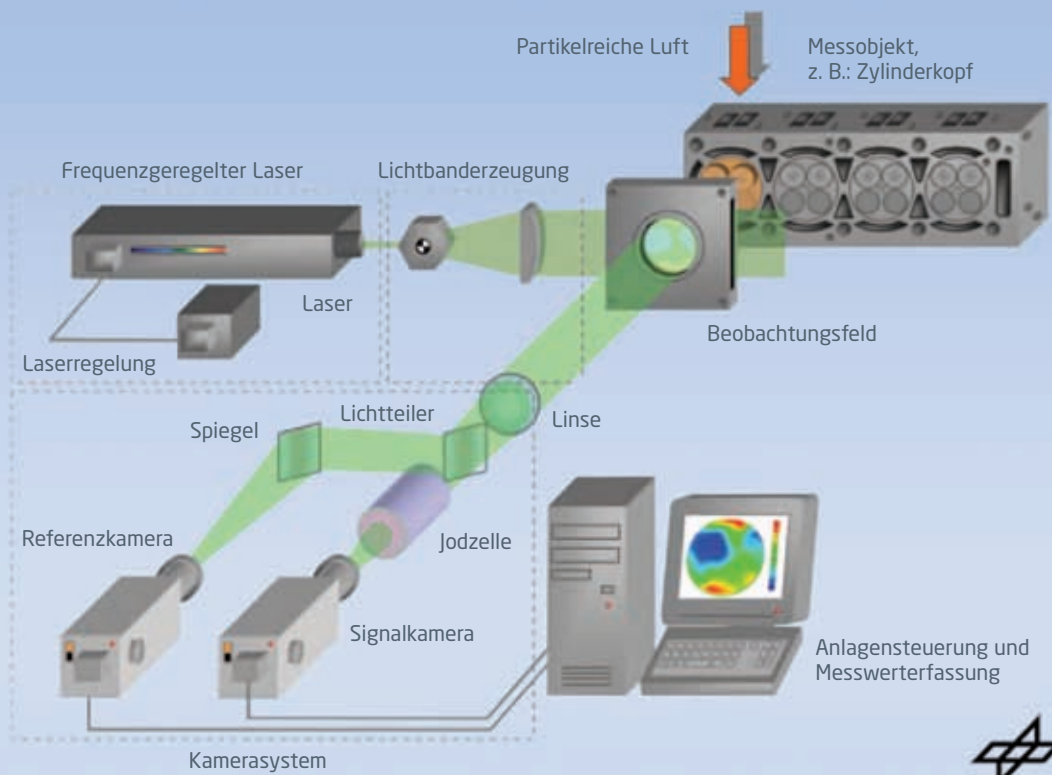


Doppler Global Velocimetry

Messung des dreidimensionalen Strömungsfeldes



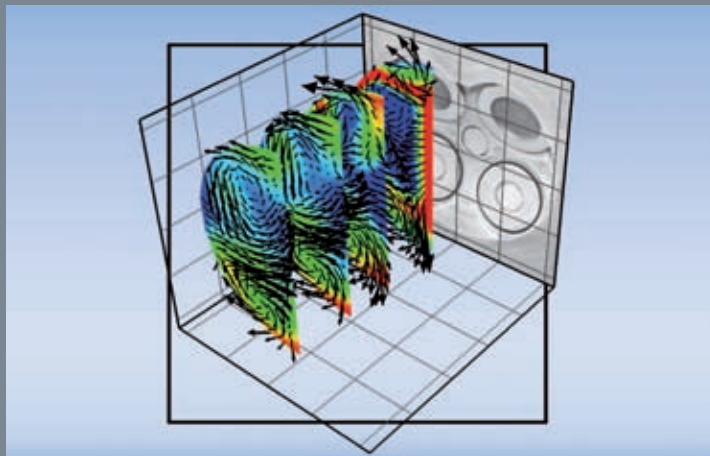


Messprinzip

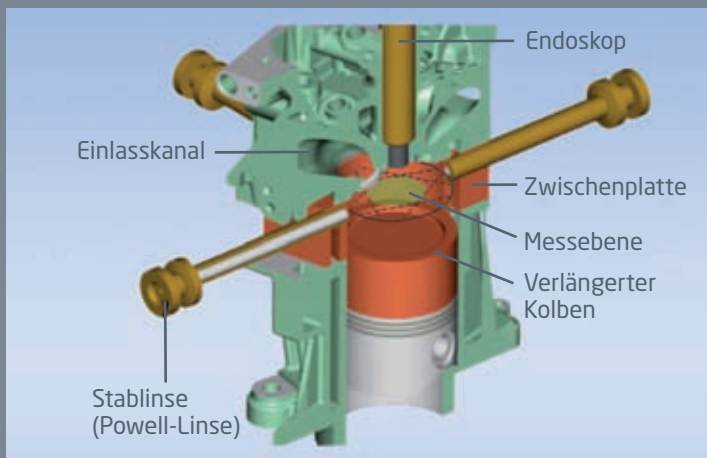
Das DGV-Verfahren ist ein laseroptisches Messverfahren zur Messung eines Drei-Komponenten-Geschwindigkeitsvektorfeldes in einer Fläche (Messebene). Eine räumliche Darstellung des Strömungsfeldes wird durch das Zusammenfügen mehrerer Messebenen erreicht. Ein Laser erzeugt über ein optisches System ein Lichtband (Laserlichtschnitt), das die partikelbehaftete Strömung beleuchtet. Infolge des Doppler-Effektes weist das von den Partikeln reflektierte Licht eine Frequenzverschiebung auf. Über Absorption in molekularem Jod (Jodzelle) wird die Frequenzverschiebung in eine Intensitätsverteilung umgewandelt, die mit Videokameras detektiert und in ein Geschwindigkeitsfeld umgerechnet wird.

Die Messtechnik wurde am Institut für Antriebstechnik des DLR e. V. (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) entwickelt. Das Verfahren eignet sich sowohl zur Messung zeitlich gemittelter stationärer als auch phasengemittelter periodischer Strömungen.

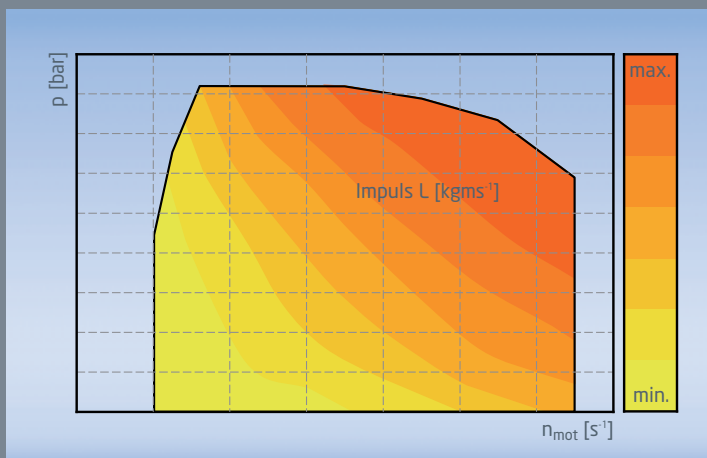
Darüber hinaus bietet das Messsystem die Möglichkeit, Tröpfchenverteilungen auf Basis der Mie-Streuung zu visualisieren. Dadurch ist es zum Beispiel möglich, zeitgleich das Strömungsfeld und die Konzentrationsverteilung im Zylinderraum während einer Einspritzung oder Einblasung zu erfassen.



Messung der Zylinderinnenströmung



Adaption der Messtechnik



Impulskennfeld der Strömung im realen Motorbetrieb

Messung der Zylinderinnenströmung

Die DGV-Messtechnik wird vorrangig in Hubkolbenmotoren eingesetzt. Es werden Untersuchungen bei stationärer Strömung sowie während des Ansaug- und Verdichtungstaktes im geschleppten und gefeuerten Motorversuch von 2- und 4-Takt Motoren bei Drehzahlen von bis zu 8000 min^{-1} durchgeführt. Auch die Interaktion der Zylinderinnenströmung mit der Einspritzung bzw. Einblasung wird betrachtet.

Adaption der Messtechnik

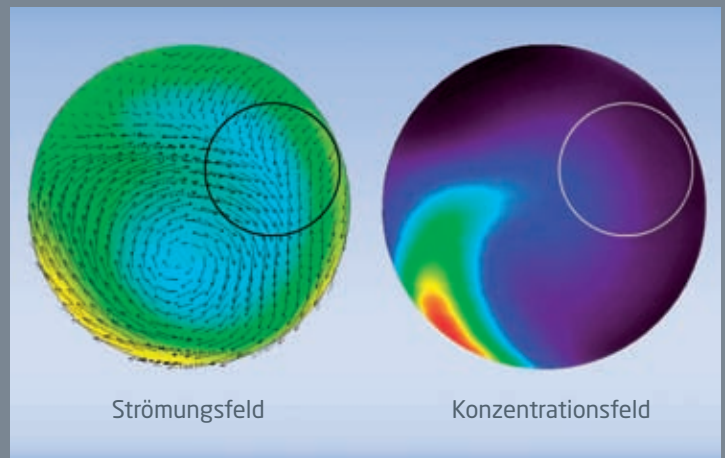
Für die Messung der Zylinderinnenströmung im geschleppten oder gefeuerten Motorbetrieb kommen eigens entwickelte Stablinzen (Powell-Linsen) und flexible Endoskope zum Einsatz. Dadurch ist es bei erschwerter optischer Zugänglichkeit möglich, wie zum Beispiel in Serienmotoren, zu messen.

Kennzahlberechnung

Die von der IAV entwickelte Software „DGV-Auswerter“ stellt für die Analyse der gemessenen dreidimensionalen Strömungsfelder ein effektives Werkzeug dar. Zur Charakterisierung der Strömung werden Kennzahlen berechnet, wie zum Beispiel Drall- und Tumblezahlen, Symmetriekennzahlen und Durchflussbeiwerte. Mit deren Hilfe können Eigenschaften der Strömung und deren Einfluss auf den Brennverlauf im Motorbetrieb beurteilt werden.

Stationäre Einströmung

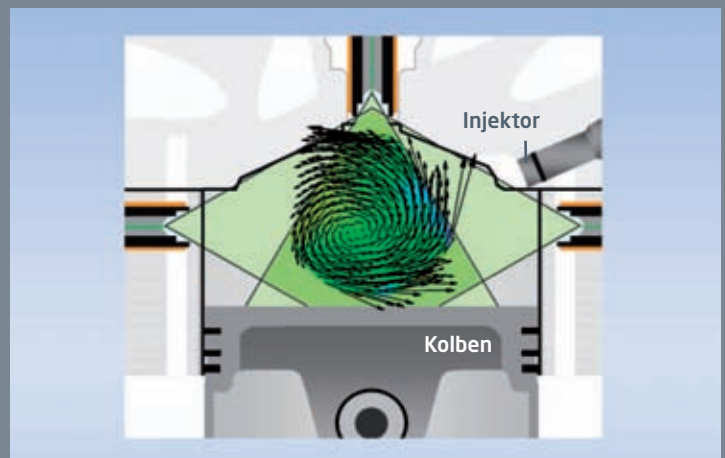
Als Messergebnisse liegen grafische Darstellungen der Strömungsfelder und Kennzahlen vor. Die Messdaten werden zur Kanal- und Brennverfahrensentwicklung sowie zur Validation von CFD-Berechnungen verwendet.



Stationäre Einströmung

Geschleppter Motorbetrieb

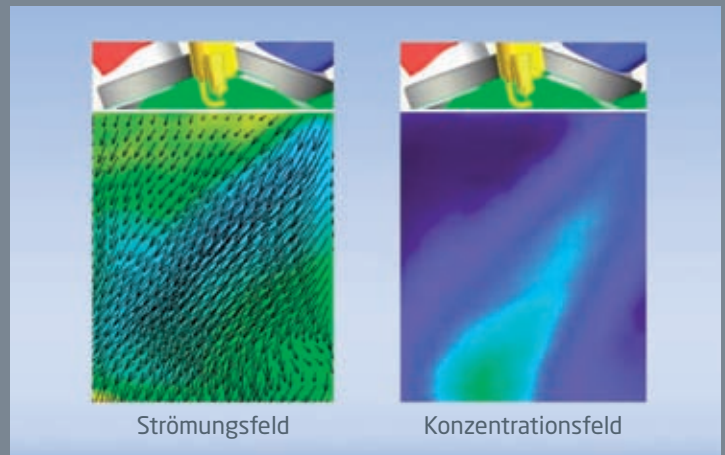
Um dynamische Effekte der Strömung im Ansaug- und Verdichtungstakt vor allem aber die Wechselwirkungen mit dem bewegten Kolben und dessen Geometrie zu untersuchen, werden Messungen an einem optischen Motor oder durch den Einsatz von Endoskop und Stablinen am Serienmotor durchgeführt.



Strömungsfeld während der Kompressionsphase mit vorangegangener Einspritzung

Gefeuertes Motorbetrieb

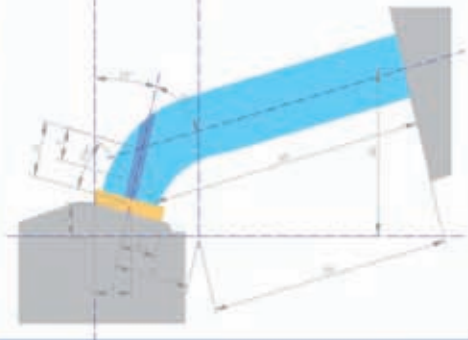
DGV-Messungen im gefeuerten Motor zeigen die Wechselwirkung zwischen Zylinderinnenströmung, Einspritzung beziehungsweise Einblasung und Verbrennung. Es werden unterschiedliche Einspritzstrategien, Düsenlagen und Strahlgeometrien untersucht.



Gefeuertes Motorbetrieb

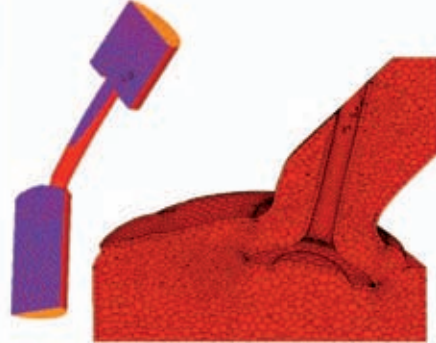
CAD-Modell

- ▶ Einlasskanal-, Brennraumgeometrie



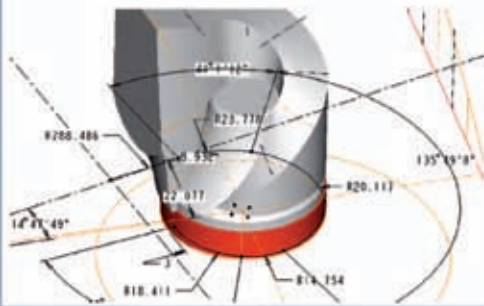
CFD-Automeshher

- ▶ CFD-Mesh



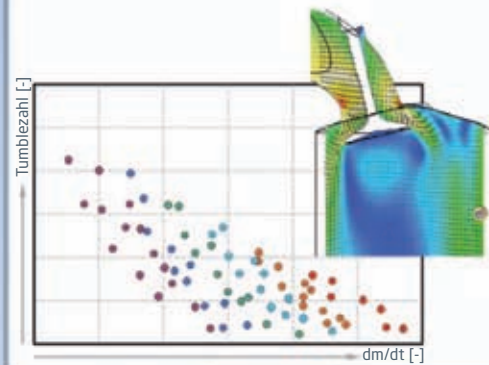
Start

- ▶ Auswahl/Festlegung der Konstruktionsparameter und deren variabler Bereiche



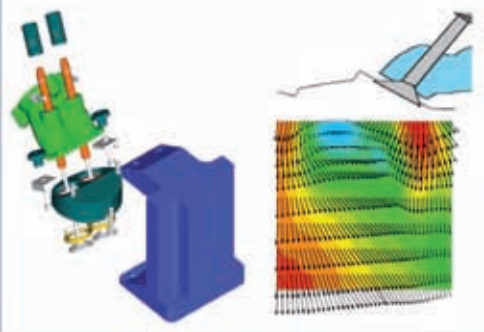
CFD-Simulation

- ▶ Durchfluss/Tumble, Drall



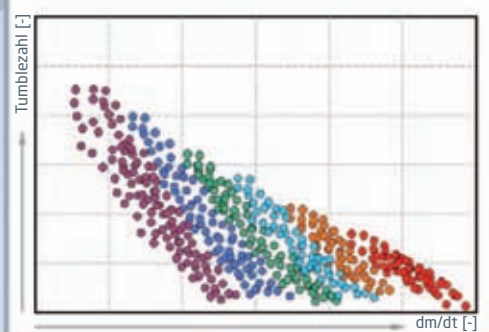
DGV-Messung

- ▶ Herstellung von Flowboxen
- ▶ Entscheidung



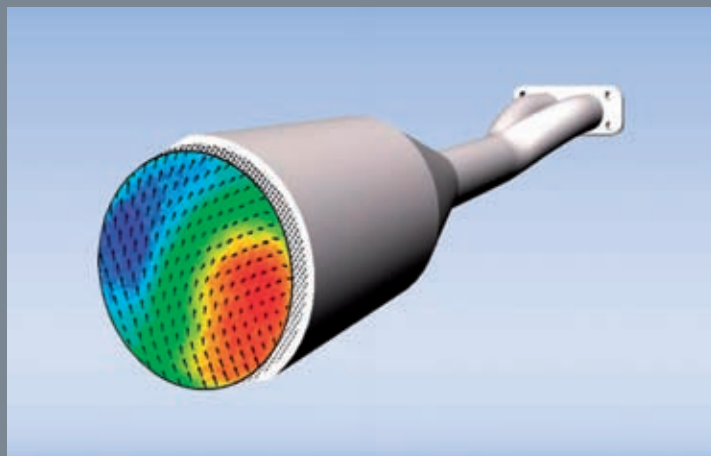
DoE-Modell

- ▶ Parameteranalyse & -auswahl



Katalysatorströmung

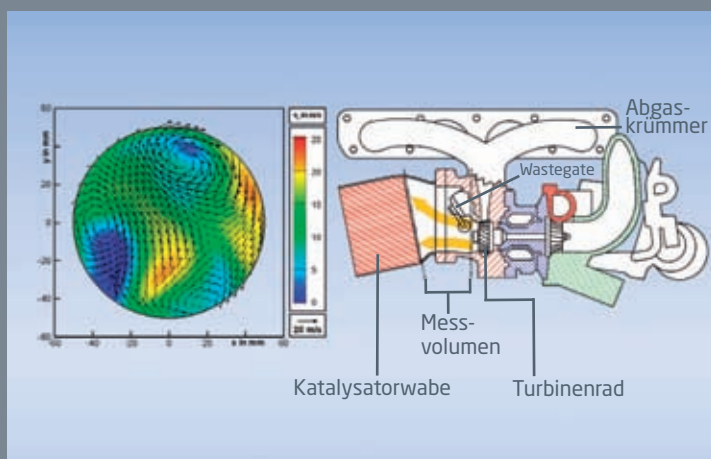
Verbesserungen des Betriebsverhaltens von Katalysatoren hinsichtlich Aufwärmverhalten und thermische Belastung erfordern u. a. die Kenntnis des Strömungsverhaltens im Abgassystem. Dazu werden Messungen an Katalysatoren und Partikelfiltern unter verschiedensten Bedingungen durchgeführt.



Katalysatorströmung

Turboladerströmung

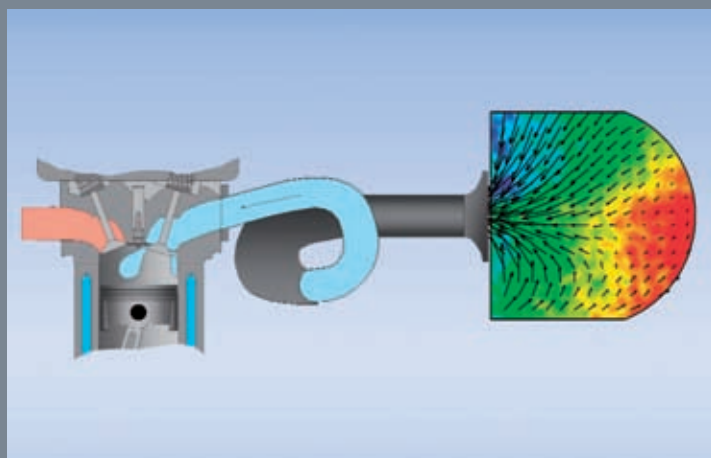
Hohe Strömungsgeschwindigkeiten, die zum Beispiel bei der Ausströmung aus dem Turbolader auftreten, stellen für die DGV-Messtechnik kein Problem dar. Der geringe Platzbedarf von Stablinen und Endoskopen ermöglicht die Erfassung des Strömungsfeldes am Turbinenaustritt, um beispielsweise CFD-Berechnungen zu unterstützen.



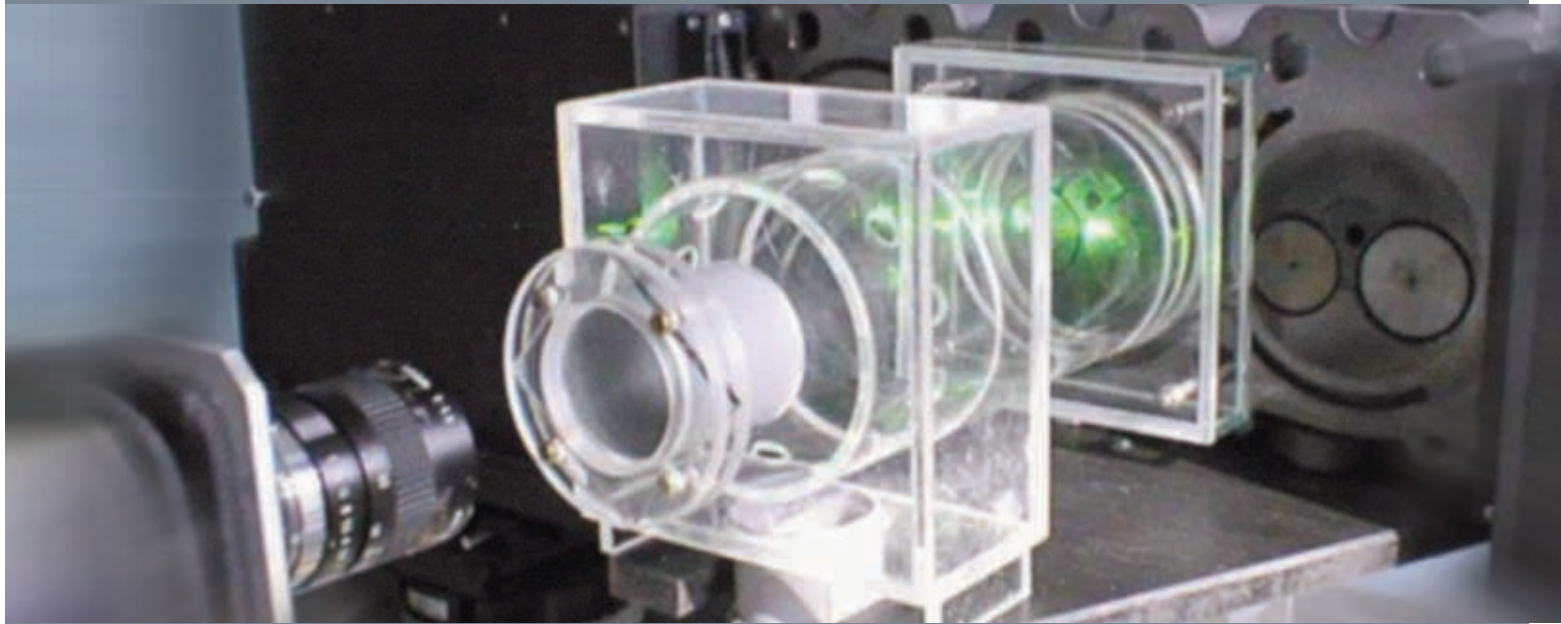
Turboladerströmung

Grundsatzuntersuchungen

Zur Überprüfung von theoretischen Ansätzen, zum Beispiel zur Ermittlung der akustischen Rohrlänge, der Bewertung strömungsbeeinflussender Geometrien oder zur Definition von Kennzahlen und deren Abhängigkeiten, findet die DGV-Messtechnik Anwendung.



Grundsatzuntersuchung



Exemplarischer Messaufbau

Hauptvorteile des DGV-Verfahrens

- ▶ Nahezu gleichzeitige Messung von drei Geschwindigkeitskomponenten (bis zu 300 m/s) in einer Ebene ermöglicht:
 - die Rasterung eines Volumens mit mehreren parallelen Messebenen und nachträglich freie Wahl der Schnittebenen für die Auswertung des Strömungsfeldes
 - Berechnung verbrennungsrelevanter Kenngrößen unter Einbeziehung aller drei Geschwindigkeitskomponenten im gesamten Volumen
- ▶ Hohe Auflösung (mehr als 20.000 Datenpunkte pro Ebene)
- ▶ Kurze Messzeit und sofortige Ergebnisdarstellung (Sekunden)
- ▶ Beleuchtung durch Stablinsen und endoskopische Bildaufnahme ermöglicht Messungen in Fällen schwieriger optischer Zugänglichkeit
- ▶ Unkomplizierte phasengemittelte Messung periodischer Strömungen durch:
 - stroboskopische Laserbeleuchtung, verbunden mit einer Mehrfachbelichtung der Kameras (Zwischenspeicherung von Einzelbildern nicht erforderlich)
 - Triggerung des Messereignisses abhängig von Kurbel- bzw. Nockenwinkel
- ▶ Partikel in der Strömung müssen nicht einzeln identifiziert werden, nur reflektiertes Licht wird ausgewertet
 - Verwendung sehr kleiner Partikel ($< 1\ \mu\text{m}$)
 - Geringe Empfindlichkeit gegenüber Schwankungen der Partikelkonzentration
- ▶ Berechnung von Kennzahlen aus dreidimensionalen Messdaten

Vorträge/Veröffentlichungen

Titel/Thema	Veröffentlichung wo/wann	Autoren
In-cylinder flow field measurement with Doppler Global Velocimetry in combination with droplet distribution visualization by Mie scattering	SAE World Congress 2009, April 2009, Detroit, USA	O. Dingel, T. Seidel, H. Steuker
Measurement of flow and visualization of fuel concentration inside cylinders of spark ignition engines	ISFV13/FLUVISU12, Juli 2008, Nizza, Frankreich	T. Seidel, H. Steuker
Doppler Global Velocimetry – Messung der Zylinderinnenströmung mit ottomotorischer Direkteinspritzung	MTZ 04/2008, April 2008, Vieweg+Teubner Verlag, Deutschland	T. Seidel, H. Steuker
Strömungsmessung während der Kompression mit Doppler Global Velocimetry	MTZ 05/2006, Mai 2006, Vieweg+Teubner Verlag, Deutschland	O. Dingel, T. Seidel, H. Steuker
The New Hardware-Assisted Inlet Port Development Process for Diesel Engines Using Doppler Global Velocimetry	SAE World Congress 2005, April 2005, Detroit, USA	S. Zuelch, K. Behnk, R. Deepe, B. Findeisen, T. Seidel, L. Stiegler, A. Sommer
Doppler Global Velocimetry (DGV) – Anwendungen im Zylinderraum und an Abgaskatalysatoren von Hubkolbenmotoren	Fachtagung „Lasermethoden in der Strömungsmesstechnik“, September 2005, Cottbus, Deutschland	T. Seidel, H. Steuker
Application de la « Doppler Global Velocimetry » (DGV) en vue d'une mesure de l'écoulement dans la chambre de combustion de moteurs à pistons	FLUVISU11, Juni 2005, Lyon, Frankreich	O. Dingel, T. Seidel, H. Steuker
Measurement of 3D In-Cylinder Flow Fields using Doppler Global Velocimetry	SAE World Congress 2004, März 2004, Detroit, USA	O. Dingel, J. Kahrstedt, K. Behnk, S. Zuelch, T. Seidel
Application of Planar Doppler Velocimetry within Piston Engine Cylinders	11 th International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics, Juli 2002, Lissabon, Portugal	C. Willert, I. Roehle, R. Schodl (DLR), O. Dingel, T. Seidel (IAV GmbH)
Messung der Zylinderinnenströmung mit Doppler Global Velocimetry	Haus der Technik e. V. Essen, November 2002, Essen, Deutschland	R. Schodl, C. Willert (DLR), O. Dingel, T. Seidel (IAV GmbH)

Doppler Global Velocimetry

Messung des dreidimensionalen Strömungsfeldes

Nutzen Sie die dreidimensionale Strömungsfeldmessung zur Entwicklung neuer Konzepte in Verbindung mit unserer Kompetenz zur motorischen Verbrennung.

Wir unterstützen Sie gern!

Ansprechpartner

Michael Günther
+49 371 2373-4450
michael.guenther@iav.de

Dr. Thomas Seidel
+49 371 2373-4483
dr.thomas.seidel@iav.de

Henry Steuker
+49 371 2373-4482
henry.steuker@iav.de

