Themenfelder

- Wer ist die ILA?
- LDV in der Durchflussmessung – Vorarbeiten
- Problem Fensterkammer
- LDV zur Charakterisierung von Strömungszuständen
- LDV zur Volumenstrombestimmung

Company Data
Founded 1995, by two (Dues, Kallweit) ex-scientists of the TU Berlin (Turbomachinery and Fluid Dynamics).

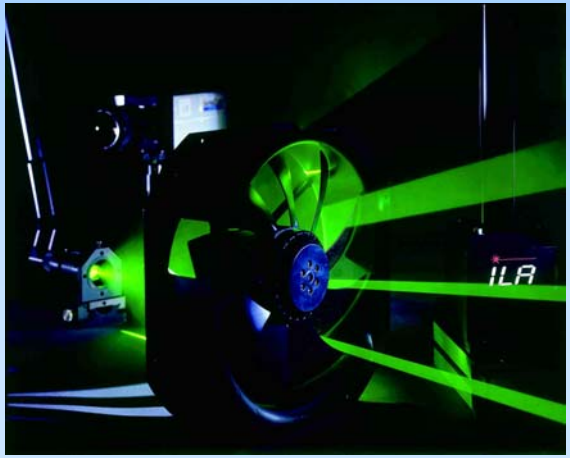
Headquarter
Jülich, somewhere near Aachen, where Aachen is near Köln, in the heart of the EUREGIO. International Sales Office in **Edinburgh**.

Partners
International Sales are made through **OXFORD** Lasers (US and Japan). **OPTOLUTION** Swiss.

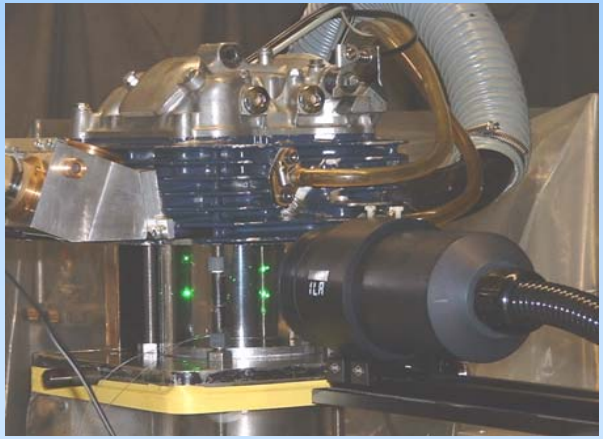
Distributors
In the US, **UK**, Japan, Korea, Australia, Italy, Taiwan and Persia.

Intelligent Laser Applications GmbH

Laseroptical flow measurement



Particle Image Velocimetry

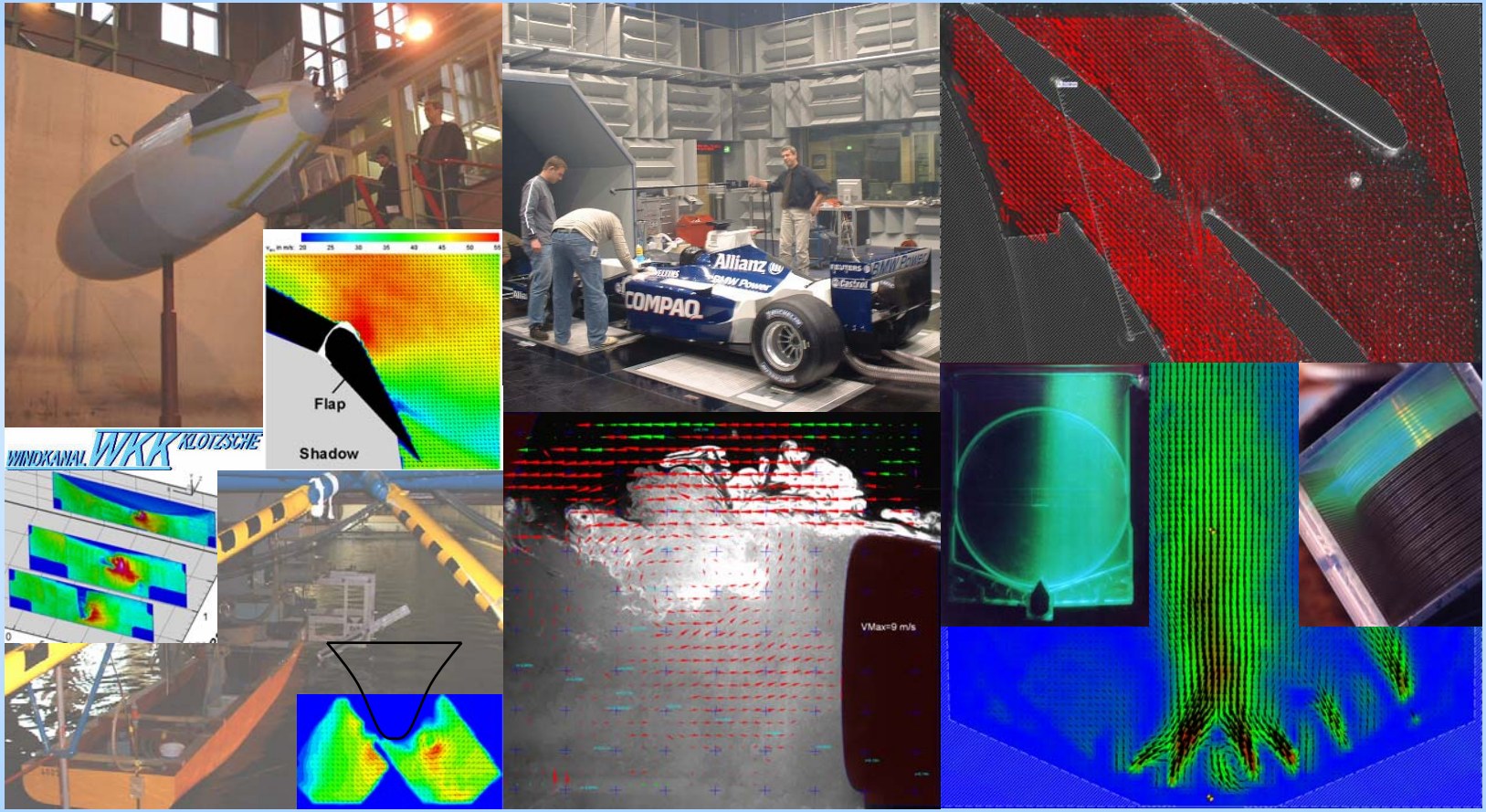


Laser Doppler Velocimetry

Consultancy Services

Calibration

Consultancy Services



Aero dynamics

Ship modelling

Turbo machinery

Semicon. industry

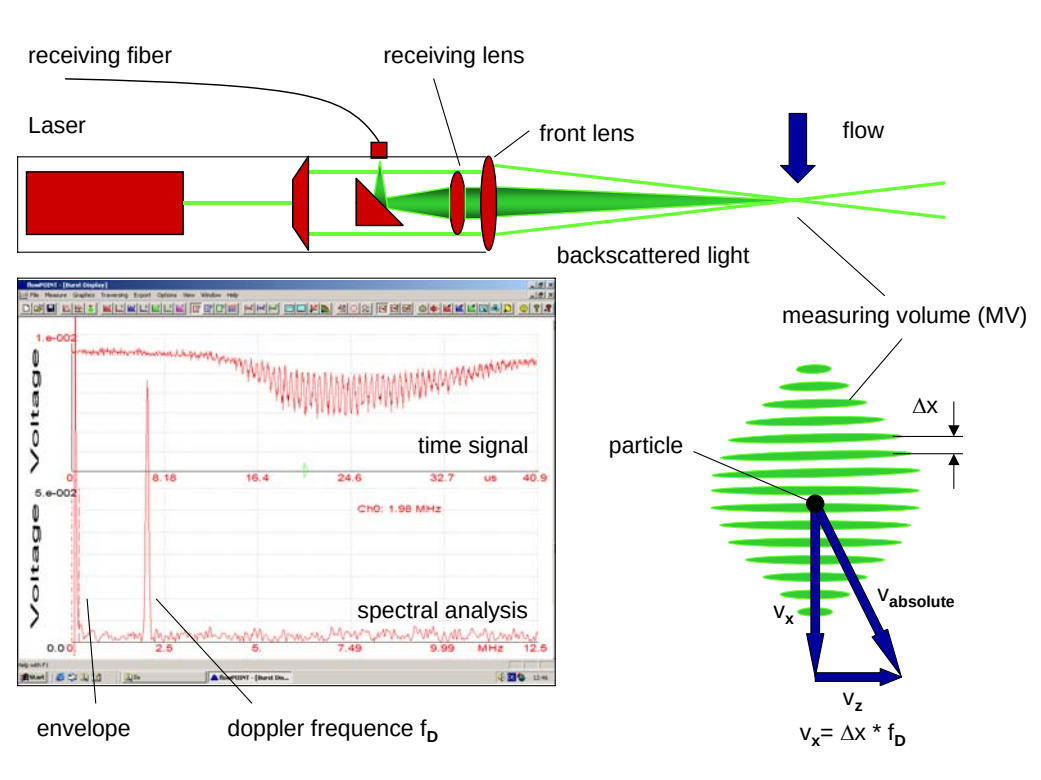
Process engineering

...

Vorteile des LDV-Verfahrens in der Durchflussmessung

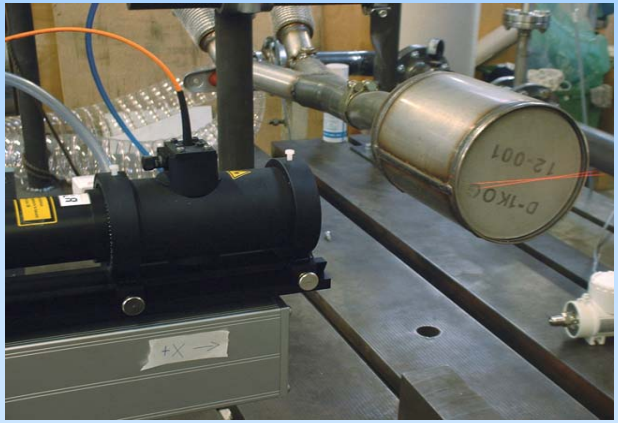
- Genaue und langzeitstabile Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit
- Kontrolle der Strömungsprofile vor Durchflussmessgeräten im eingebauten Zustand
- Ermittlung des Volumenstromes durch ein unabhängiges Messverfahren unabhängig von Temperatur, Zuströmung, Magnetitgehalt, Leitfähigkeit, etc.
- Möglichkeit der Kalibrierung von Durchflussmessgeräten im eingebauten Zustand vor Ort

Meßprinzip LDV:



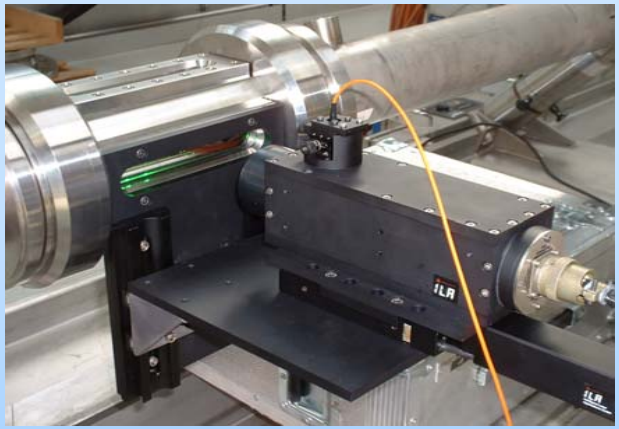
Zwei sich kreuzende Laserstrahlen erzeugen ein Interferenzstreifenmuster. Durch das Messvolumen bewegte Partikel streuen amplitudenmoduliertes Licht mit einer geschwindigkeits-proportionalen Frequenz fd zurück. Die gemessene Geschwindigkeit ergibt sich aus dem Produkt von Dopplerfrequenz fd mal Interferenzstreifenabstand.

Ausgeführte LDV-Systeme



ungeshiftetes LDV für Abgasmessung

geshiftetes LDV für Rückströmungsmessung



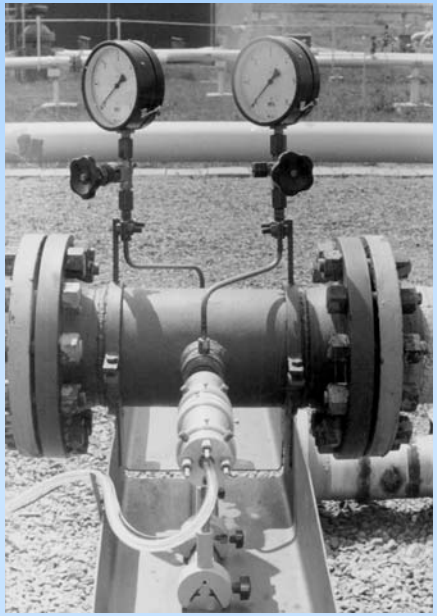
ungeshiftetes LDV für Profiluntersuchungen

geshiftetes 2D-LDV

LDV in der Durchflussmessung - Vorarbeiten

1988-92 (Müller, Wendt, Kramer,etc.)

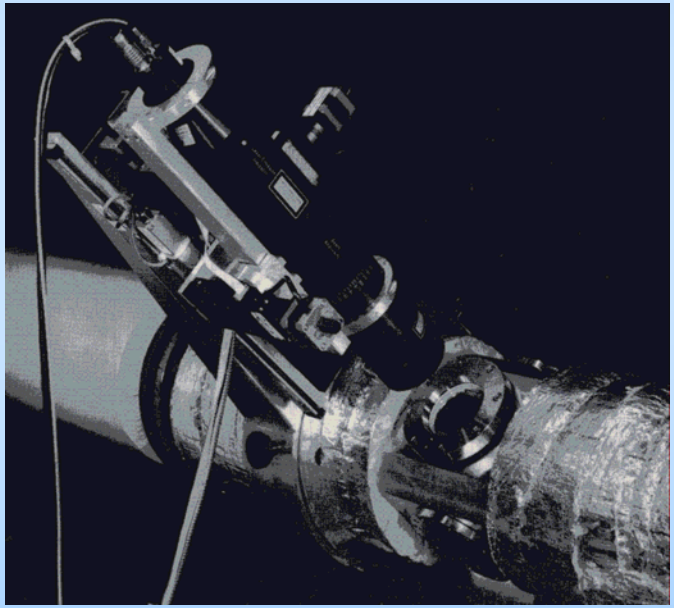
Untergrundgasspeicher in Kirchheiligen /Thüringen



- Stadtgas
- 64 bar
- bis 17000 m3/h
- Punktmessungen
- Profilmessungen

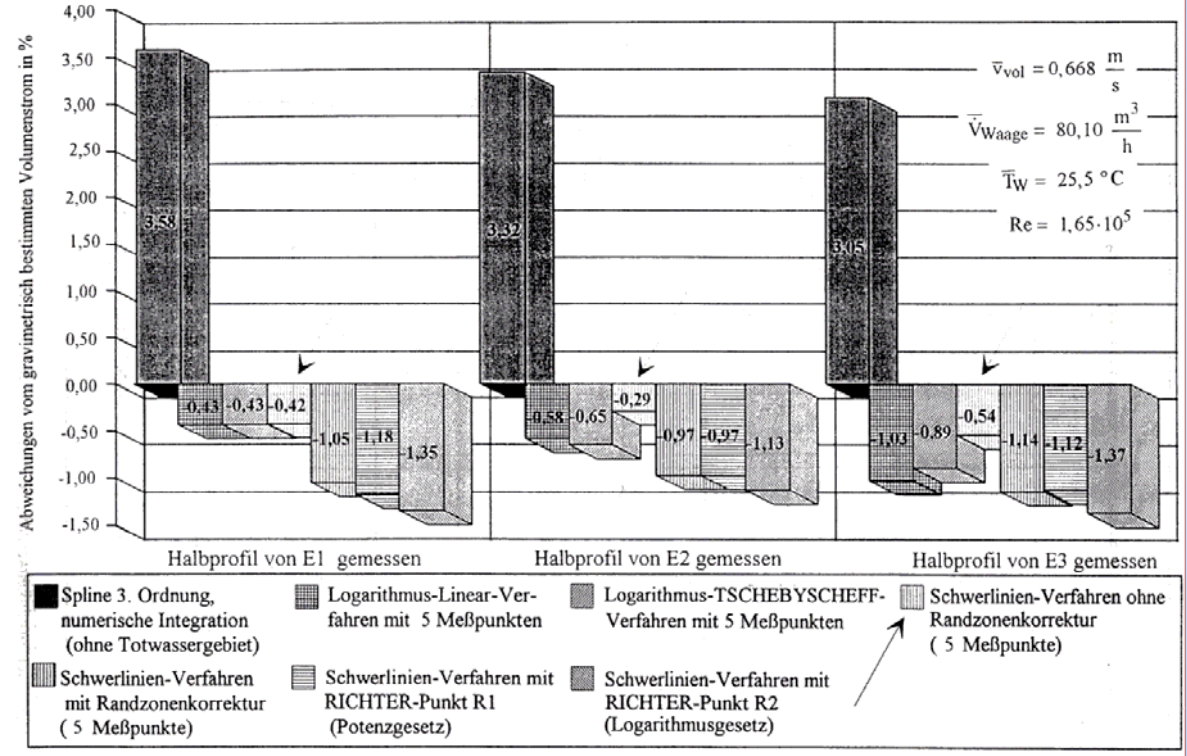
LDV in der Durchflussmessung - Vorarbeiten

BMFT-Projekt : Untersuchungen an einem Halbleiter-LDV-System als Volumenstrommeßgerät hoher Genauigkeit für den Einsatz in Fernwärme- Versorgungsanlagen (PTB Berlin, TU Berlin), 1993



- LDV-Messungen in der PTB-Versuchsanlage
- Vergleich gegen Waage
- Messungen in FWV-Station Klinikum Berlin Steglitz
- Profil- und Mehrpunktmessungen
- Messungen bei unterschiedlichen Wassertemperaturen

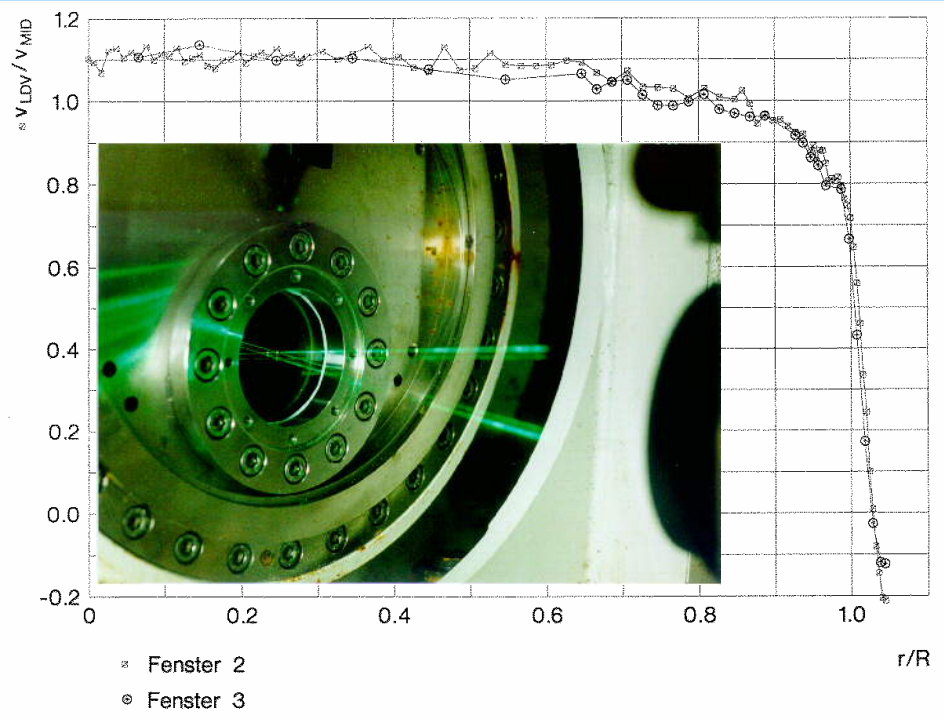
BMFT-Projekt : Ergebnisse

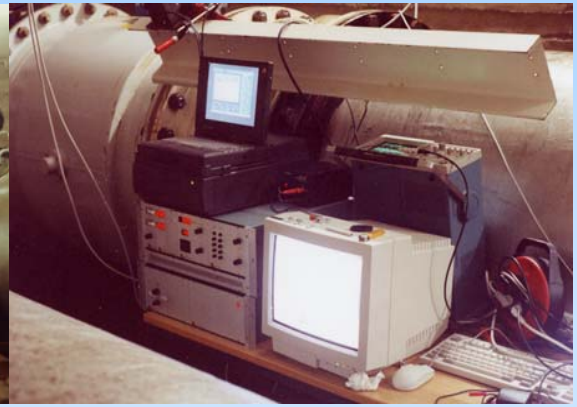


- LDV-Verfahren für die Messung des Volumenstromes mit Meßunsicherheiten <1% auch bei gestörter und instationärer Zuströmung prinzipiell geeignet
- LDV-Messungen nur an ausgewählten Meßpositionen erforderlich (1-5 Punkte)
- LDV-Messungen sind auch unter den schwierigen Temperaturbedingungen der Fernwärme möglich

LDV in der Durchflussmessung - Vorarbeiten

Pilot-Projekt BWB :

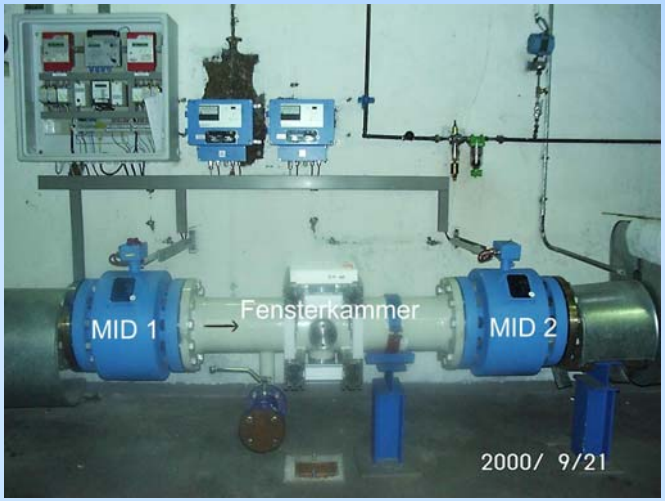




- Partikel sind im Trinkwasser ausreichend vorhanden
- Messung von Halbprofilen möglich
- Ermittelte Abweichung MID: 3-4% für 1000-2000 m3/h

LDV in der Durchflussmessung - Vorarbeiten

Pilot-Projekt GEW Köln: Fernwärmestation Uniklinik Köln 2001/2



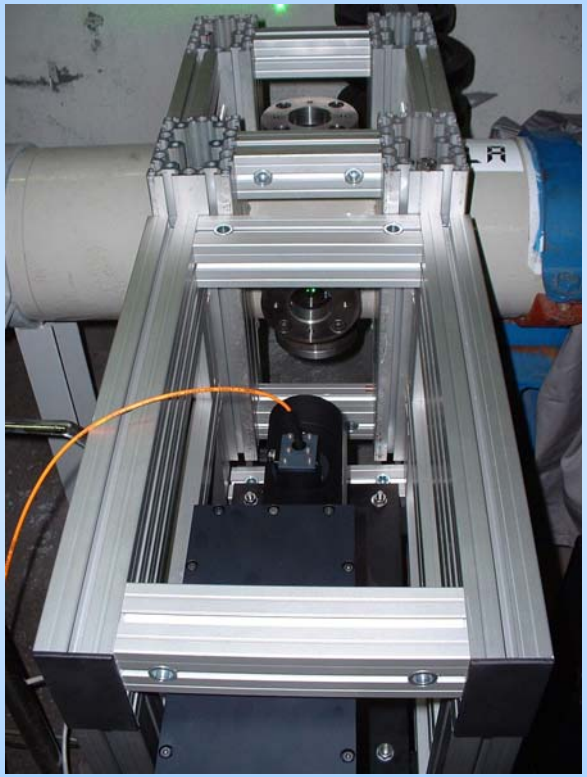
- Fensterkammer DN200

-Einsatz geshifteter Optik fp63 und ungeshifteter Optik fp50 (kalibriert, Fehler <0,2%)

- Profilmessungen und Messungen auf Schwerlinien

LDV in der Durchflussmessung - Vorarbeiten

Pilot-Projekt GEW Köln: Ergebnisse



Messung	v0 LDV	QMID	vMID	Rel. Fehler %
Horizontal 1	1,033	295,286	2,437	3,178
Horizontal 2	1,035	315,054	2,600	3,411
Horizontal 3	1,033	315,201	2,602	3,194
Mittelwert Horizontal				3,261
Vertikal 1	1,033	288,075	2,378	3,207
Vertikal 2	1,032	343,616	2,836	3,140
Vertikal 3	1,036	326,739	2,697	3,453
Mittelwert Vertikal				3,266
Mittelwert Gesamt				3,26

Tabelle 1: Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen auf Schwerlinien

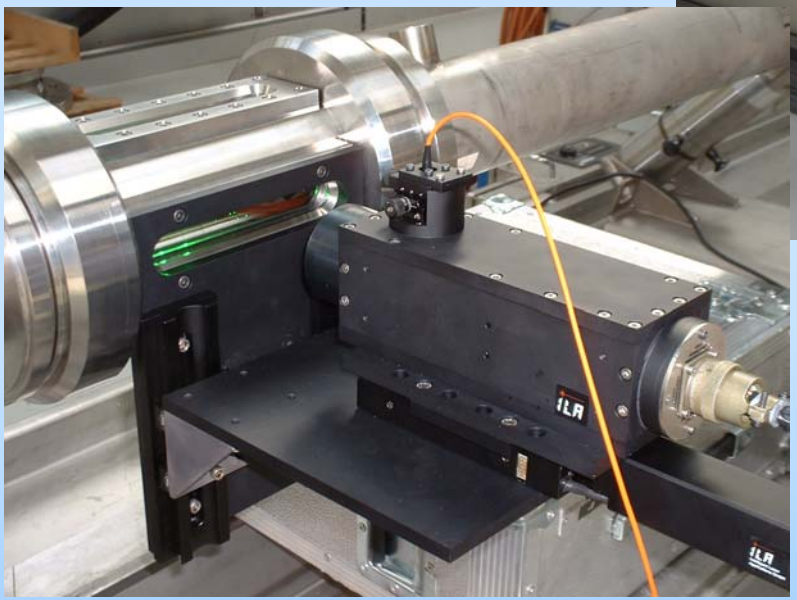
- Ermittelte Abweichung MID ca. 3%
- Ursachen: Versatz Kalt-/Warmwasser, Temp. Meßumformer, Leitfähigkeitsunterschiede zur Kalibriermessung, gestörte Zuströmung durch Klappe

LDV in der Durchflussmessung - Erfahrungen

- Mittels LDV können Strömungsgeschwindigkeiten mit hoher Genauigkeit und Langzeitstabilität gemessen werden.
- LDV-Systeme sind kostengünstiger geworden. Damit ist deren Anwendung auch im industriellen Umfeld möglich.
- Die LDV-Technik ist auch für den Einsatz unter Praxisbedingungen geeignet.
- Die Gestaltung des optischen Zugangs zum Strömungsquerschnitt hat einen großen Einfluss auf die möglichen Messungen und auf die Kosten.
- Die Erfassung von Strömungsprofilen ist relativ einfach durchführbar.
- Die Erfassung des Durchflusses ist relativ aufwendig und erfordert speziell angepasste Algorithmen sowie spezielle Fensterkammern.

Aufbau eines LDV-Systems

- Fensterkammer
- Befestigung und Traversierung
- LDV-Sonde
- Software



Auswahl Systemkomponenten

LDV-System

Ungeshiftete Systeme für Kalibrieraufgaben

Vorteil: hohe Genauigkeit und Langzeitstabilität, da sehr robuster Aufbau.

Geshiftete Systeme für Dralluntersuchungen und Erfassung von Rückströmgebieten

Laser: Festkörperlaser, ggf. Laserdioden

Vorteil: rel. hohe Leistungen, sichtbar,in die Sonde integrierbar (keine Lichtleitfasern), langzeitstabil

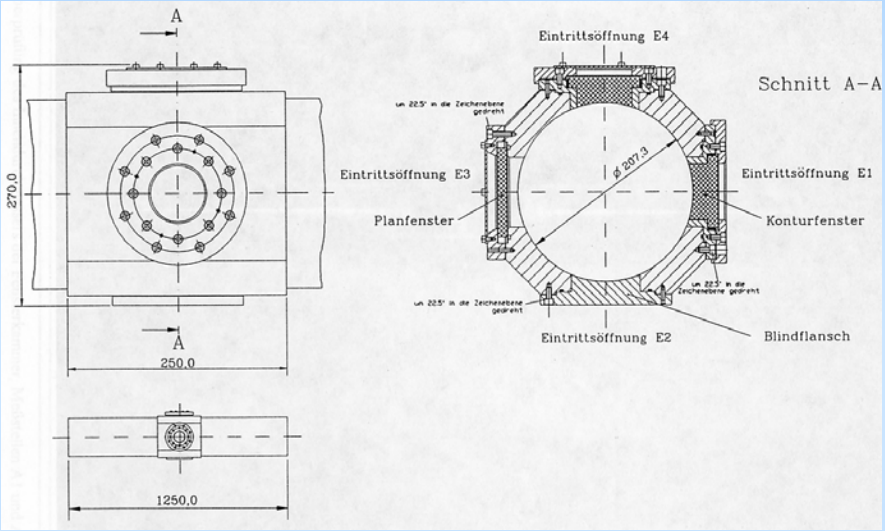
Auswahl Systemkomponenten

Fensterkammer

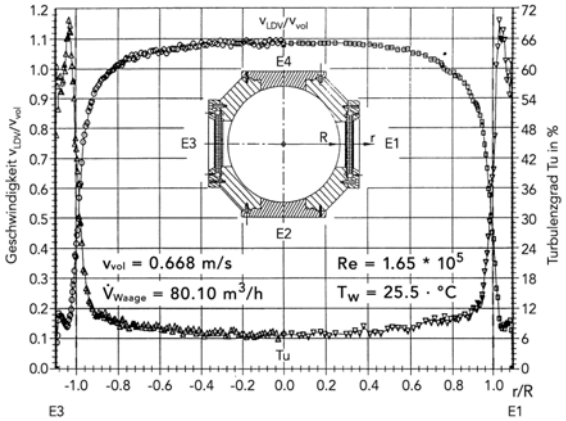
Die Gestaltung der Fensterkammer ist im Einzelfall anzupassen!

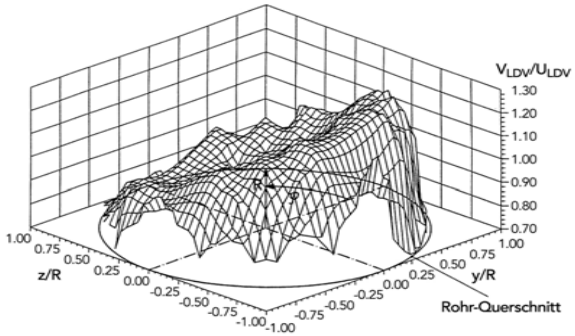
Auswahl Systemkomponenten

Beispiele Fensterkammern

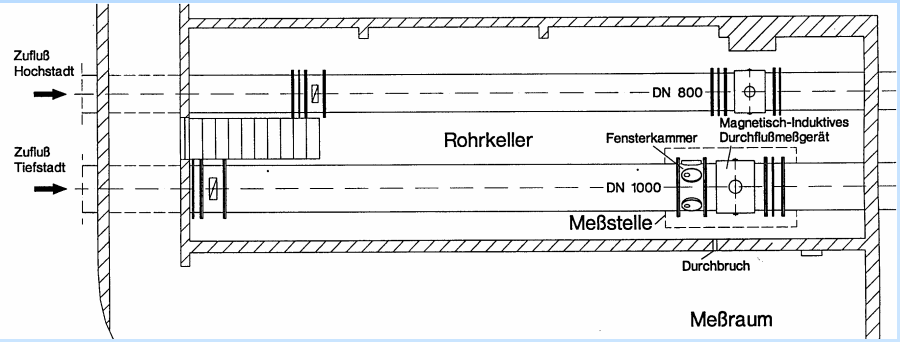


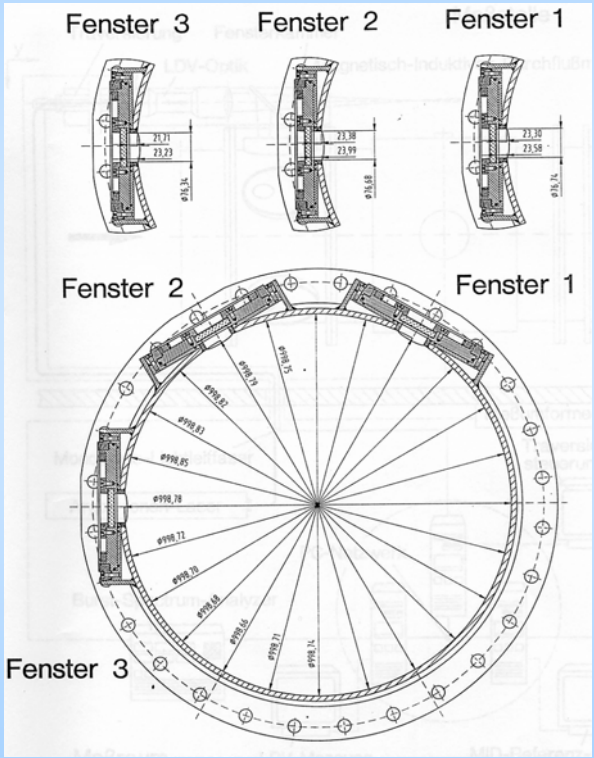
- große Fenster für Querschnittsmessungen
- relativ großer Todraum
- planparallele, abgesetzte und konturangepaßte Fenster





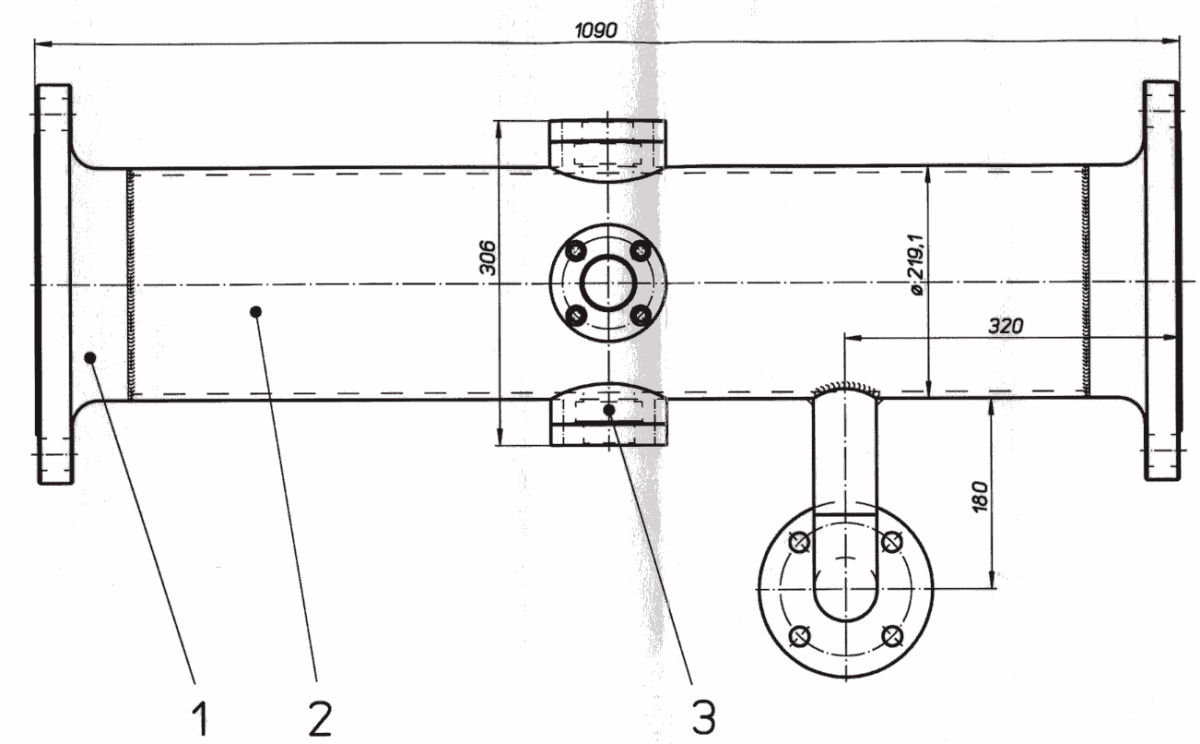
Pilot-Projekt BWB : Versuchsmessungen 1997 im Wasserwerk Jungfernheide in FK DN1000

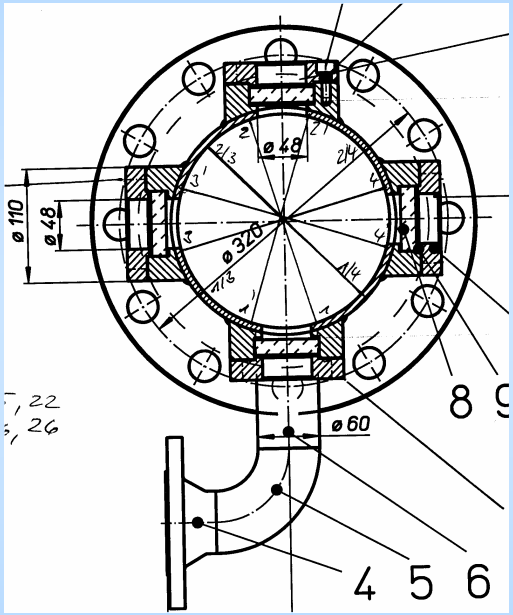




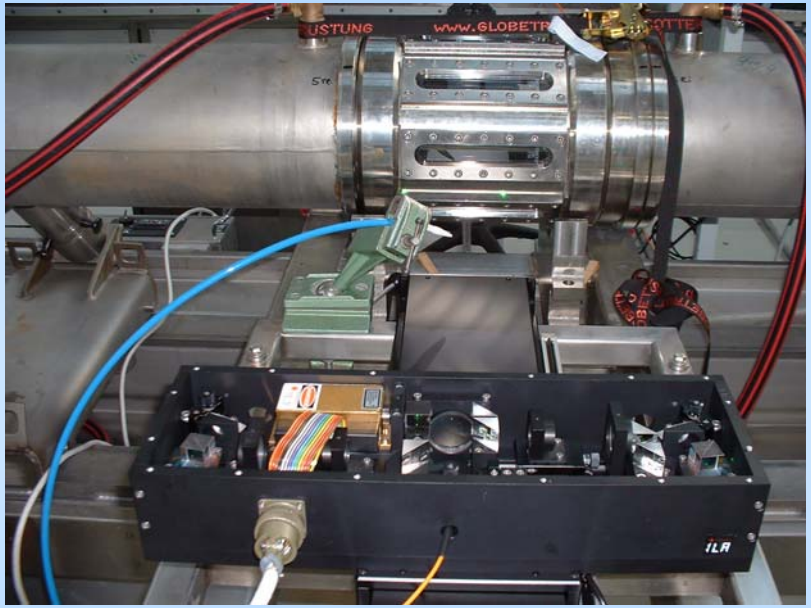
- Fensterkammer DN1000 mit austauschbaren Fenstern
- LDA-System mit 4 Watt Ar-Laser
- Messung von Halbprofilen durch 3 Fenster

Pilot-Projekt GEW Köln: Fensterkammer DN200



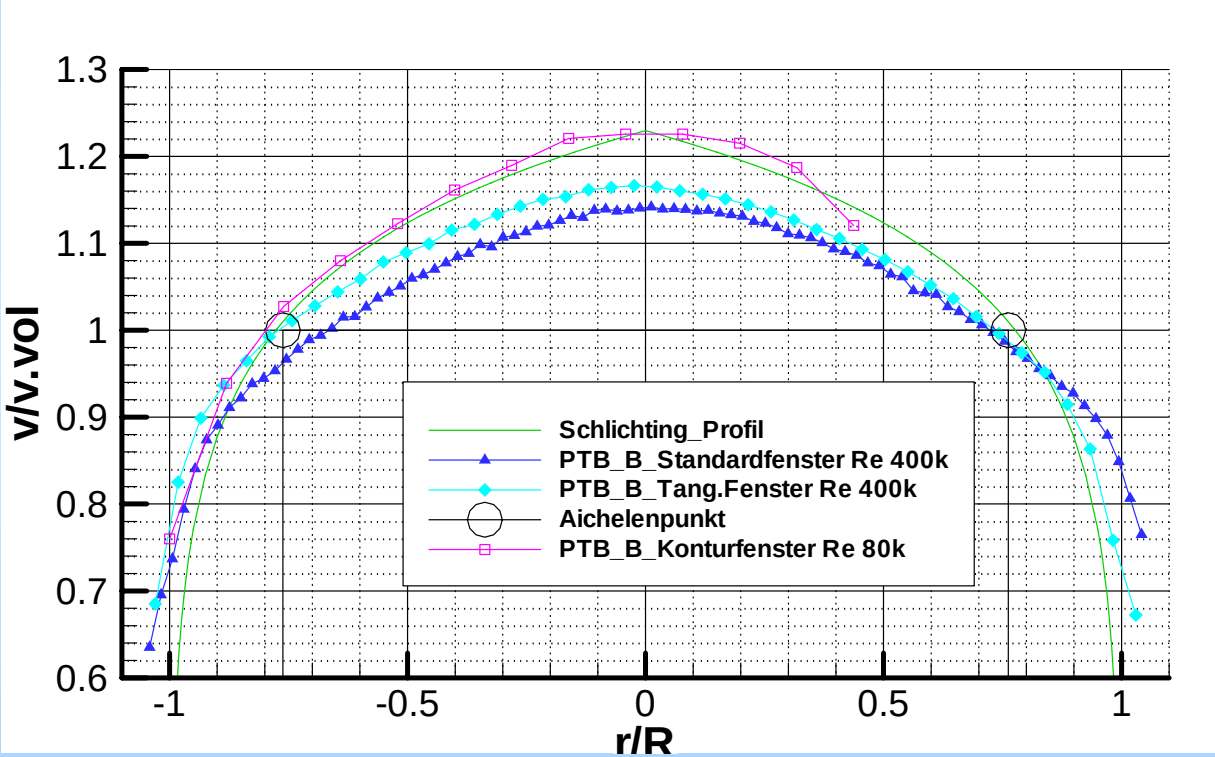


Fensterkammer DN100, PTB Berlin

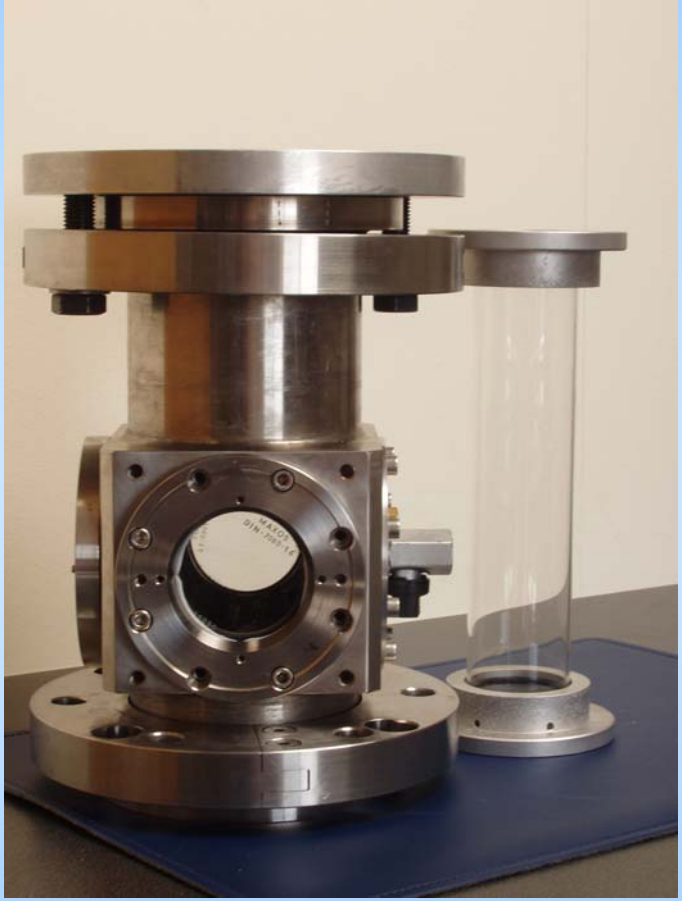


- Ovale Fenster für extreme Schnittwinkel (45°)
- Todraumvolumen führt zur Erweiterung des Strömungsquerschnitts
- konturangepaßte Fenster und Planfenster einsetzbar

Einfluss verschiedener Fenstergeometrien auf die Strömungsprofile



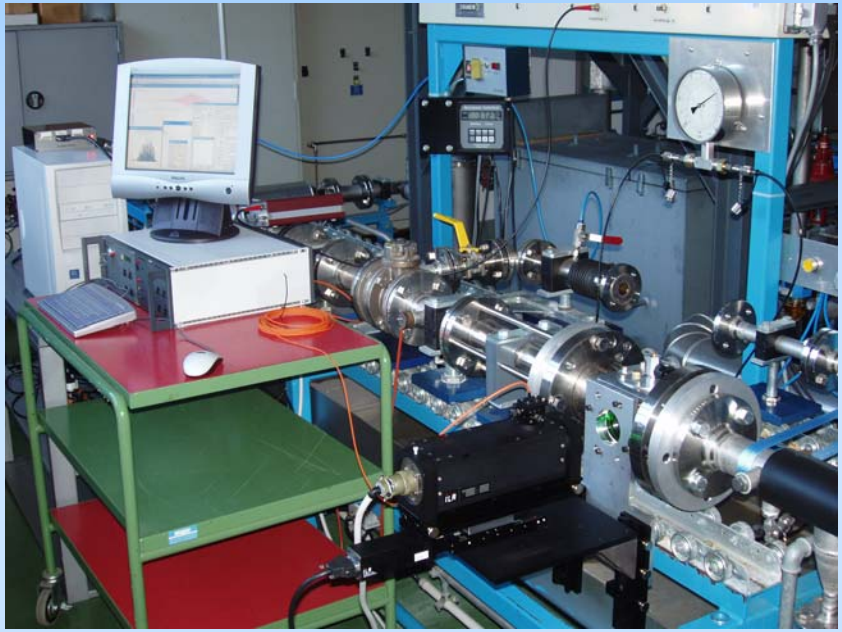
Fensterkammer mit eingezogenem Rohr DN50/ PN15



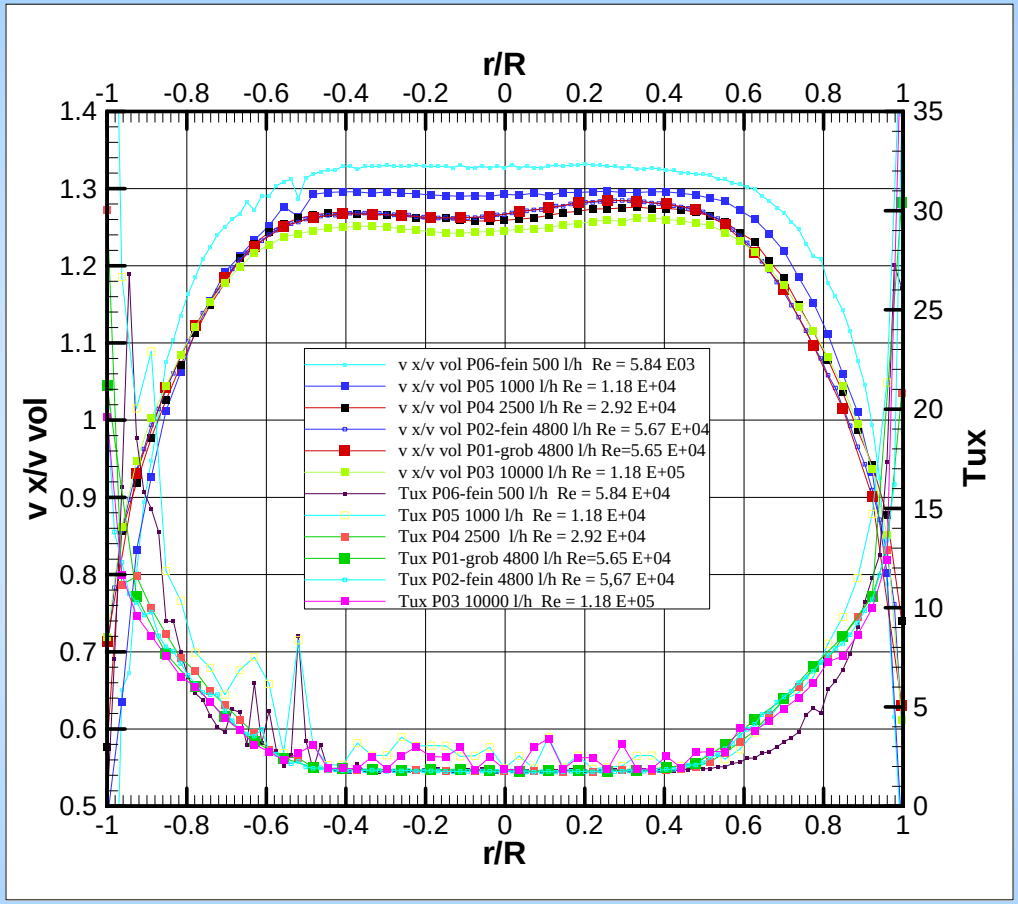
- Kein Todraumvolumen
- Gesamter Strömungsquerschnitt opt. zugänglich
- Kann mit unterschiedlichen Innendurchmessern eingesetzt werden

Einsatz der LDV-Technik zur Strömungsprofilanalyse

Kloster Seeon 24.08.05



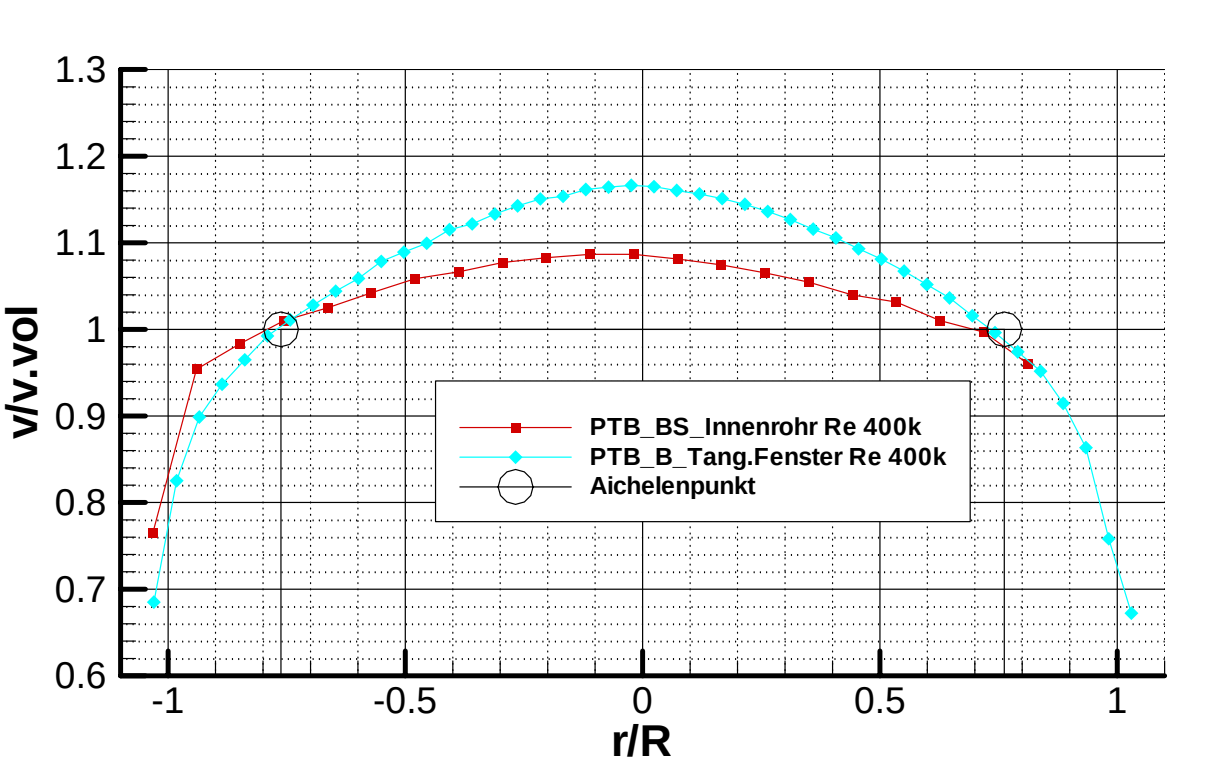
(Messungen bei Metas in Bern, Juni 2005)



Einfluss Re auf das Strömungsprofil

Intelligent Laser Applications GmbH

Einfluss der Anlage bei „ungestörter“ Zuströmung



LDV zur Strömungsdiagnostik

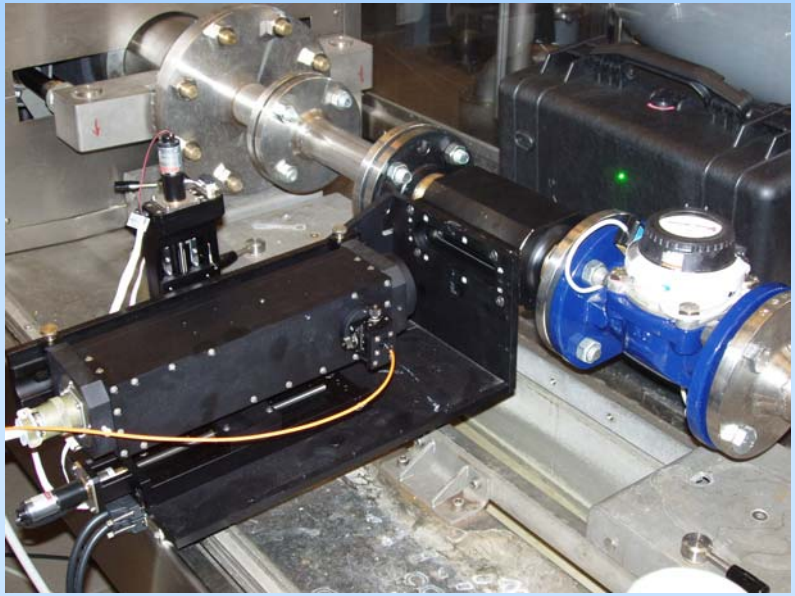
- Die Kalibrierung von Durchfluss-Sensoren erfolgt auf speziellen Prüfständen, in deren Einlaufstrecken rotationssymmetrische Geschwindigkeitsprofile gefordert werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

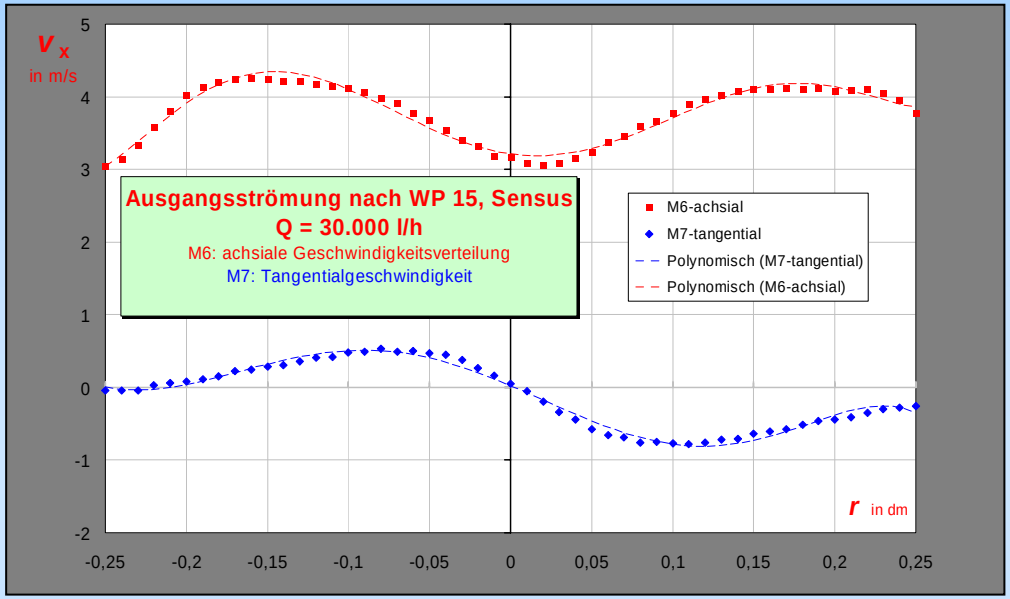
- Darüber hinaus soll der Einfluss von gestörten Zuströmbedingungen auf die Messrichtigkeit von Durchfluss-Sensoren untersucht werden.

- Dazu ist die detaillierte Messung der Zuströmprofile in den Einlaufstrecken erforderlich.

Einsatz der LDV-Technik zur Strömungsprofilanalyse

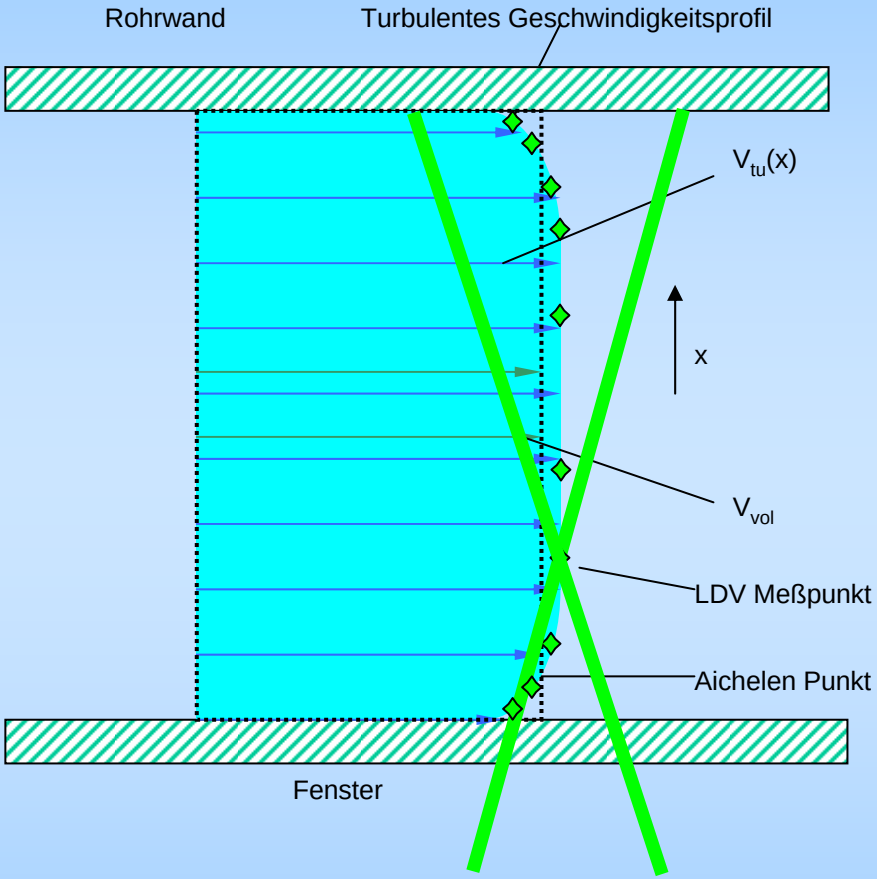
Kloster Seeon 24.08.05





Profile der axialen und tangentialen Geschwindigkeit nach einem Woltmanzähler
(DN 50, Demonstrationsversuch am BEV Wien, Prof. Adunka)

LDV zur Durchflussmessung

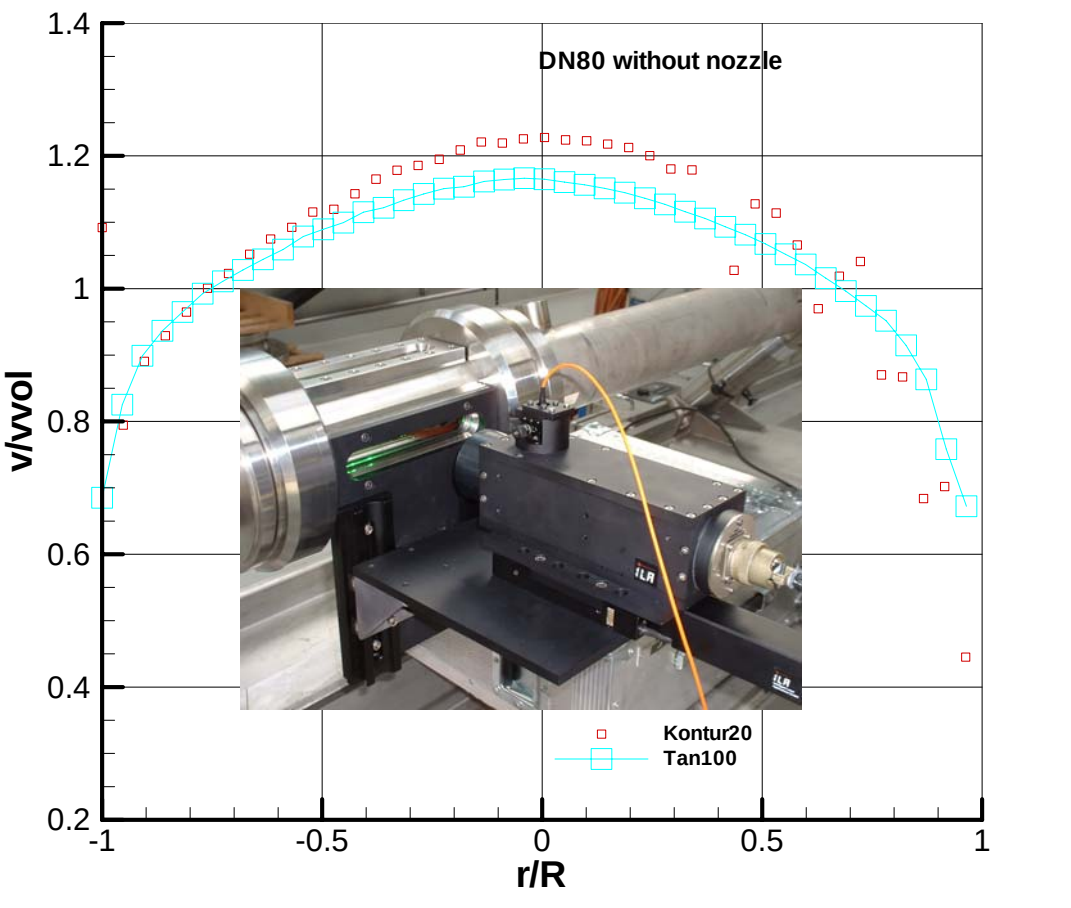


Ermittlung des Volumenstroms durch

- Integration des Profils
- Aichelen Punkt Messung
- Schwerlinienverfahren (VDI 2640)

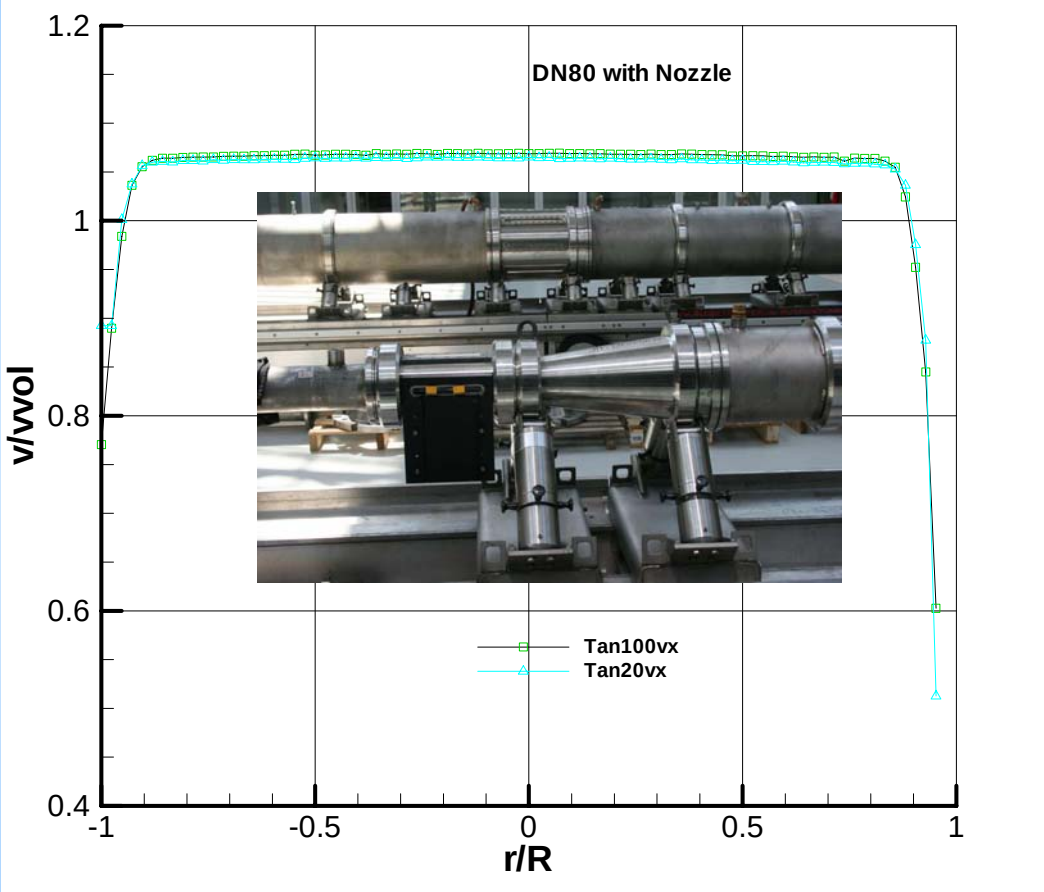
Profilmessung ohne Strömungskonditionierung

- Ungestörte Zuströmung, aber unsymmetrisches Strömungsprofil
- Konturfenster erfordert eine sehr genaue Ausrichtung des LDV-Systems
- Unsymmetrisches Strömungsprofil und Re-Effekt erschwert die Bestimmung des Volumenstromes

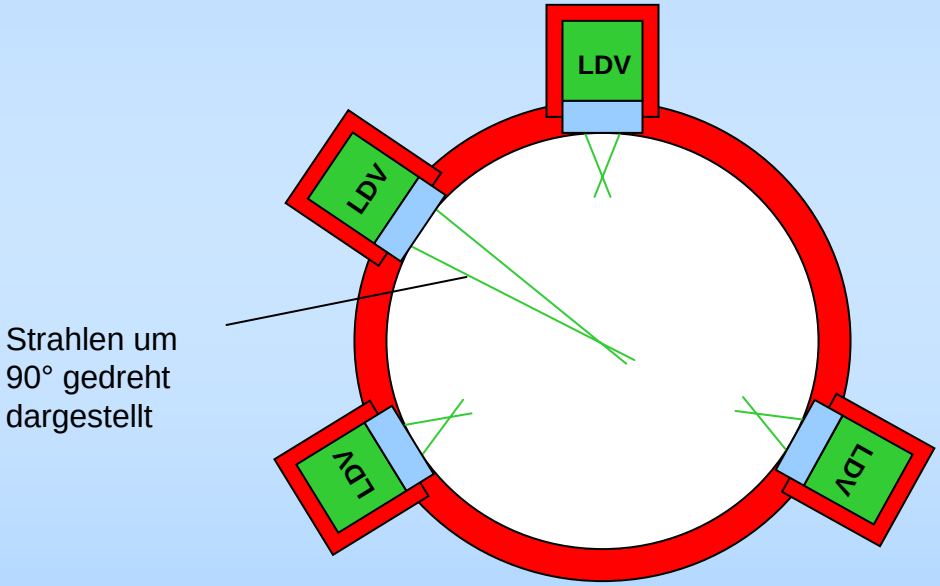


Strömungskonditionierung mit Düse

- Kontraktion von DN200 auf DN80
- Volumenstrombestimmung durch Profilintegration
- Abweichung Volumenstrom 0,4 %



Zur Reduzierung der Messpunkte soll ein 4 Punktsensor kombiniert mit Venturirohr aufgebaut und erprobt werden, der an 4 festen Messpunkten gleichzeitig Geschwindigkeitsmessungen durchführt.



Vorteile

- Keine beweglichen Teile
- Keine Normierung auf v_{MID}
- Auch für asymmetrische Profile?

Nächste Arbeitsschritte

- Untersuchung des Einflusses von gestörter Zuströmung auf die Volumenstrombestimmung
- Optimierung der Strömungskonditionierung
- Untersuchung des Einflusses von instationären Durchflüssen auf die Volumenstrombestimmung
- Rückführbarkeit der Messungen (Messung gegen die Waage bei Variation der Strömungsprofile durch Störkörper und bei instationären Durchflüssen)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!