

## Abstract

### Behaviour of Energetic Coherent Structures in Turbulent Pipe Flow at High Reynolds Numbers

This thesis presents a new applied temporal-spatial analysis using time-resolved PIV measurements to investigate coherent structures' co-exist towards pipe axis in fully developed turbulent pipe flow at high Reynolds numbers. The new method facilitates the detection of coherent structures directly through the new streamwise fluctuating velocity field plots. The detection was done without involving the common usable Taylor hypothesis compared to the recognised spectral analysis. For streamwise ( $u$ ) and wall-normal ( $v$ ) velocity components, this methodology identifies the shear layer signature created by the encounters of bursting events caused due to the intensive presence of coherent structures and their interaction in the near-wall region.

Nevertheless, spectra and co-spectra, as well as proper orthogonal decomposition (POD) analyses, are also applied in this study to identify the contribution of both large (LSMs) and very-large-scale motions (VLSMs) to turbulent kinetic energy and Reynolds shear stress. The spectral analysis utilises high-speed PIV measurements to revisit other earlier studies done via a single hot-wire anemometer. The obtained results indicate the dominance of VLSMs in the logarithmic and outer layers. However, the outputs are deduced from their higher contribution to total energy production in streamwise and wall-normal directions at high Reynolds numbers. Furthermore, new observation explored from the temporal-spatial plots stated that VLSMs could be created from the alignment of LSMs.

## Zusammenfassung

### Verhalten energetisch kohärenter Strukturen in turbulenter Rohrströmung bei hohen Reynolds-Zahlen

Diese Arbeit präsentiert eine neue angewandte temporal-spatial Analyse mit time-resolved PIV-Messungen, um die Koexistenz kohärenter Strukturen in Richtung der Rohrachse in voll entwickelten turbulenten Rohrströmungen bei hohen Reynolds-Zahlen zu untersuchen. Die neue Methode ermöglicht die Detektion kohärenter Strukturen direkt durch die neuen stromweise fluktuierenden Geschwindigkeitsfeldplots. Die Detektion erfolgte ohne Einbeziehung der allgemein verwendbaren Taylor-Hypothese im Vergleich zur anerkannten Spektralanalyse. Für strömungsrichtungs- ( $u$ ) und wandnormale ( $v$ ) Geschwindigkeitskomponenten identifiziert diese Methodik die Scherschichtsignatur, die durch die Begegnungen von Berstereignissen verursacht wird, die aufgrund der intensiven Präsenz kohärenter Strukturen und ihrer Wechselwirkung in der wandnahen Region verursacht werden.

Nichtsdestotrotz werden in dieser Studie auch Spektren und Co-Spektren sowie geeignete Analysen der orthogonalen Zerlegung (POD) verwendet, um den Beitrag sowohl großer (LSMs) als auch sehr großer Bewegungen (VLSMs) zur turbulenten kinetischen Energie zu identifizieren und Reynolds-Scherspannung. Die Spektralanalyse verwendet Hochgeschwindigkeits-PIV-Messungen, um andere frühere Studien zu überprüfen, die über ein einziges Hitzdraht-Anemometer durchgeführt wurden. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen die Dominanz von VLSMs in den logarithmischen und äußeren Schichten. Die Outputs werden jedoch aus ihrem höheren Beitrag zur Gesamtenergieproduktion in strom- und wandnormalen Richtungen bei hohen Reynolds-Zahlen abgeleitet. Darüber hinaus zeigten neue Beobachtungen, die aus den zeitlich-räumlichen Diagrammen untersucht wurden, dass VLSMs aus der Ausrichtung von LSMs erstellt werden könnten.