

Bestimmung des Einflusses unsicherer Parameter bei der Simulation von Rohrströmungen

Rohrströmungen werden von einer Vielzahl von Parametern beeinflusst. Hierzu zählen unsichere Anfangs- und Randbedingungen (z.B. für die Temperatur, den Druck, sowie das Geschwindigkeitsprofil), Herstellungstoleranzen und -ungenauigkeiten (z.B. Rauigkeiten, Winkel, Radien), sowie Materialeigenschaften (z.B. Dichte, Viskosität), die wiederum die Messunsicherheit von Durchflussmessungen beeinflussen können, siehe Abbildung 1. In der Praxis muss gewährleistet sein, dass Durchflussmessgeräte auch bei gestörten Einstrombedingungen innerhalb der vorgeschriebenen Messtoleranz arbeiten. Die Störung von der Einstromung muss so weit abgeklungen sein, dass sie an der Messstelle in einen bestimmten Toleranzbereich liegt.

Zur Untersuchung solcher Unsicherheiten wird in der Arbeitsgruppe 8.41 im Rahmen des Projektes NEW04 die nicht-intrusive verallgemeinerte "Polynomial Chaos"-Methode (gPC) in Verbindung mit klassischer Strömungssimulation angewendet.

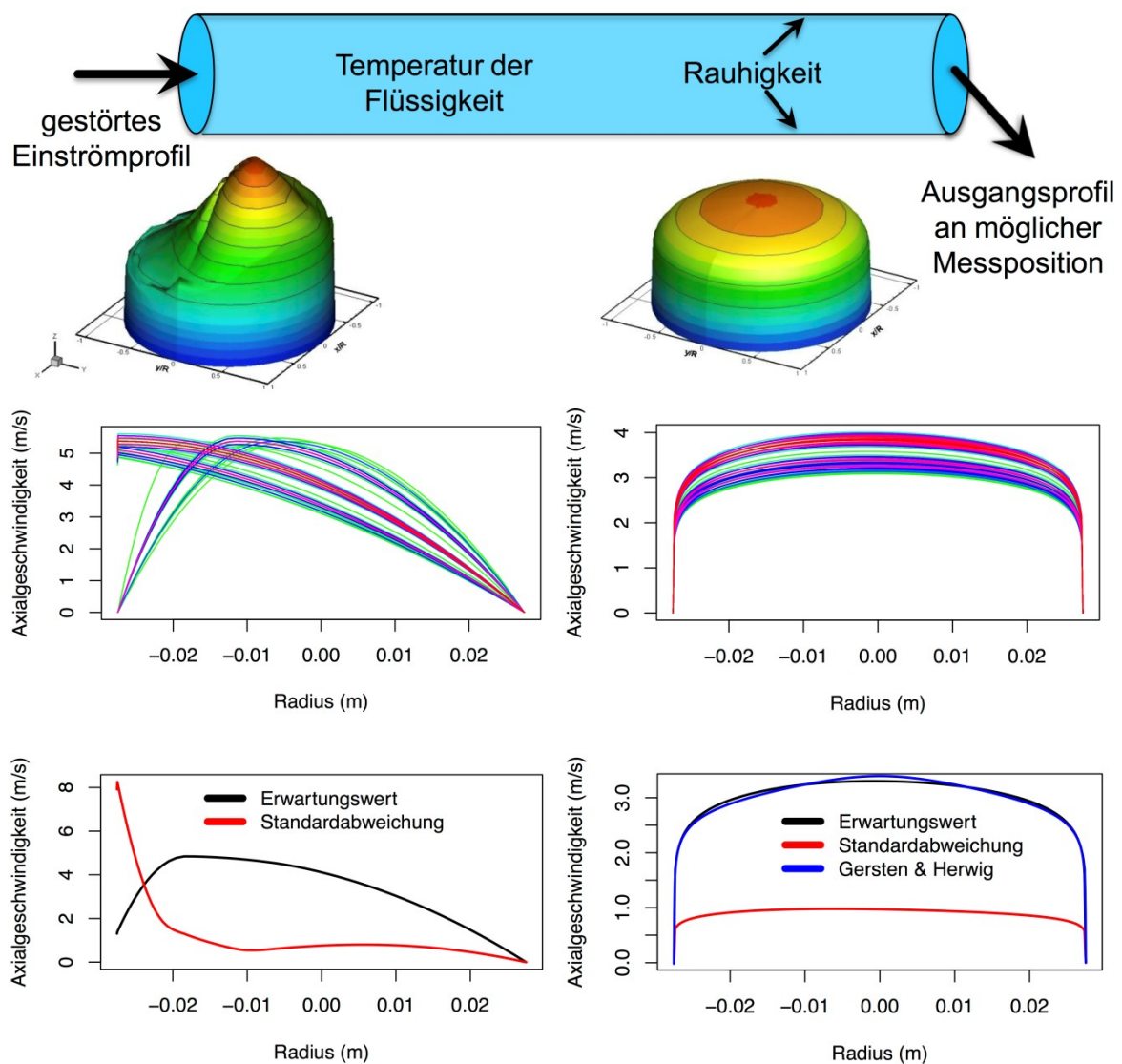


Abbildung 1 Mögliche unsichere Parameter und Einstrombedingungen bei einer Rohrströmung. Gegenüberstellung der Bandbreite der Strömungsprofile sowie des Erwartungswertes und der Varianz für die Fortpflanzung eines idealisiert gestörten Einstromprofils am Einlass und am Auslass.

In Abbildung 1 ist beispielhaft die Bandbreite der Geschwindigkeitsprofile sowie deren Erwartungswert und Varianz für die Fortpflanzung eines idealisiert gestörten Einströmprofils am Einlass und am Auslass dargestellt. Da das Maximum des Einströmprofils nach links orientiert ist, ergibt sich eine Verschiebung der beiden Momente am Eingang nach links. Die Störung des Eingangsprofils klingt mit zunehmender Rohrlänge ab. Später stromabwärts hat sich das Strömungsprofil so weit normalisiert, dass nur noch die volumetrische Geschwindigkeit variiert. Der Erwartungswert des Geschwindigkeitsprofils nähert sich dem voll ausgebildeten Geschwindigkeitsprofil von Gersten und Herwig an und die Varianz spiegelt die unterschiedlichen volumetrischen Geschwindigkeiten wider.

Die betrachtete „Polynomial Chaos“-Methode bietet die Möglichkeit, auch für andere rechenintensive nichtlineare Modelle den Einfluss von Unsicherheiten innerhalb der Prozessbedingungen und von Materialvariationen, wie sie im industriellen Messwesen präsent sind, zu quantifizieren.

Literatur

- [1] S. Schmelter, A. Fiebach und A. Weissenbrunner. Polynomchaos zur Unsicherheitsquantifizierung in Strömungssimulationen für metrologische Anwendungen. *tm-Technisches Messen*, **83**(2): 71-76, 2016.
- [2] A. Weissenbrunner, A. Fiebach, S. Schmelter, M. Straka, M. Bär und T. Lederer. Numerical prediction of the flow rate through a flow meter with uncertain inflow profile. *Proceedings of Imeko 2015 XXI World Congress Measurement in Research and Industry*, 2015.
- [3] S. Schmelter, A. Fiebach, R. Model und M. Bär. Numerical prediction of the influence of uncertain inflow conditions in pipes by polynomial chaos. *Int. J. Comp. Fluid. Dyn.*, **29**(6-8): 411-422, 2015.