

Asymptotisch abgesaugte Grenzschicht: alternative lineare und schwach nicht-lineare nicht-modale Stabilitätsmoden – ein neuer Weg zu großen turbulenten Strukturen

Turbulenzsimulationen der asymptotisch abgesaugten Grenzschicht (AAG) belegen großskalige Bewegung, die sich aber deutlich z.B. von Rollen der Couette Strömung unterscheiden. Diese Strukturen zeigen wesentlichen Einfluss sogar auf die mittlere Geschwindigkeit und erscheinen verantwortlich für eine veränderte von Karman Konstante sowie der Form des Nachlaufs.

Diesbezüglich wird ein kombiniert theoretisch-numerisches Vorgehen vorgeschlagen. Neue symmetrie-basierte nicht-modale (NM) linearer und nicht-linearer Stabilitätsmoden werden entwickelt und im Nachgang numerisch verfolgt. In dieser Simulation sollen die Stabilitätsmoden jenseits ihrer Gültigkeit in ein voll nicht-lineares Regime getrieben werden, wobei vor allen untersucht werden soll, ob (i) die berechneten Moden auch im voll nicht-linearen Bereich persistieren und, ob (ii) diese zu den in der Literatur beobachteten Effekten korrespondieren.

Zu dem theoretischen Teil der Stabilitätstheorie sei erläutert, dass der modale Ansatz auf den drei Symmetrien Translation in Ort und Zeit sowie der Skalierung beruhen. In einer Serie von Publikationen zeigte der Antragsteller, dass kanonische Strömungen wie Couette, Poiseuille, Rohr oder Taylor-Couette alle eine weitere Symmetrie der linearisierten Navier-Stokes Gleichung besitzen, die jeweils auf neue NM Eigenfunktionen führen. Die meisten diese Eigenfunktionen zeigen ein algebraisches Verhalten in der Zeit, sind aber nicht auf transiente Zeiten begrenzt.

Spezielle die AAG besitzt eine neue Symmetrie, welche in neue NM Eigenfunktionen resultieren, deren zeitliches Verhalten einer Doppel-Exponentialfunktion gehorchen. Speziell, das Zusammenspiel der NM Eigenfunktionen wird mit der Fokas Methode untersucht. Diese Methode hat eine imposante Entwicklung genommen, da sie klassische Methoden zur Lösung linearer Differentialgleichungen fundamental erweitert.

Abschließend ist eine schwach nicht-lineare Analyse auf der Basis approximativer Gruppen geplant, die eine Vereinigung von Symmetrien und Asymptotik darstellt. Verglichen mit klassischen Methoden ist der Vorteil, dass der Entwicklungsansatz nicht a priori angenommen werden muss. Im Gegenteil, er ist ein Ergebnis der Rechnung und es entsteht ein für das Problem „maßgeschneiderter“ Ansatz. Das Ziel dieser Analyse ist es nicht-lineare Strukturen zu verstehen, die für die in Simulationen beobachteten Phänomene verantwortlich sind.

Das Ziel des letzten Schrittes der Stabilitätsanalyse ist die numerische Verfolgung der obigen theoretischen Ergebnisse jenseits ihrer theoretischen Grenzen. Diese ist aber nicht nur um die theoretischen Ergebnisse zu erweitern, sondern auch um ggf. neue Effekte in einem voll nicht-linearen Regime beobachten zu können.