

Analyse und Beeinflussung von Stoßschwingungen mittels schiefsymmetrischer Finite-Differenzen

Jens Brouwer ¹ und Jörn Sesterhenn ²

Transsonische Strömungen sind durch lokale Überschallströmungen und Verdichtungsstöße gekennzeichnet und technisch sehr relevant, so fällt zum Beispiel die Reisegeschwindigkeit der meisten Verkehrsflugzeuge in diesen Bereich. Verdichtungsstöße sind nahezu-unstetige Veränderungen in den Größen Druck, Dichte und Geschwindigkeit und haben so erheblichen Einfluss auf alle für die Strömung relevanten Kenngrößen wie Auftrieb oder Widerstand. Als Stoßschwingungen bezeichnet man die örtliche Oszillation solch eines Stoßes. So entstehen sehr große Lasten auf das Flügelprofil welche zu Schäden an der Konstruktion führen können. Ein genaues Verständniss von Stoßschwingungen und ihrer Ursachen ist so nötig um die Entwicklung leistungsfähiger Flugzeugtypen voran zu treiben. Zur Untersuchung dieses Phänomens wird hier für die Numerik eine Diskretisierung der Navier-Stokes Gleichungen verwendet, welche die schiefsymmetrische Struktur der Gleichungen in einer Finite-Differenzen Formulierung erhält. So ist diese Formulierung der Gleichungen nicht nur sehr genau, sondern auch voll erhaltend und ermöglicht zudem das exakte Adjungieren der Gleichungen welches für die Untersuchung der Beeinflussbarkeit der Schwingungen von Nöten ist. Im Rahmen dieses Projektes werden neuartige Diskretisierungsverfahren für die Navier-Stokes Gleichungen entwickelt und validiert. Diese Verfahren werden genutzt um Methoden zur Unterdrückung von Stoßschwingungen zu entwerfen.

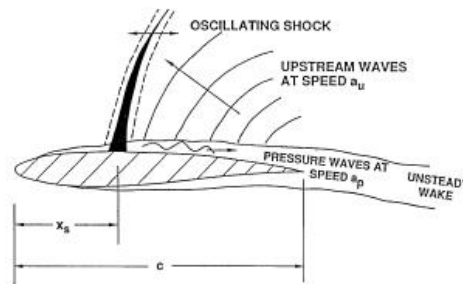


Abbildung 1: Modell einer selbstregerten Stoßschwingung an einer Tragfläche. Man erkennt die verschiedenen Ursachen und Oszillationen in unterschiedlichen Größenordnungen. Graphik nach Lee, 2001

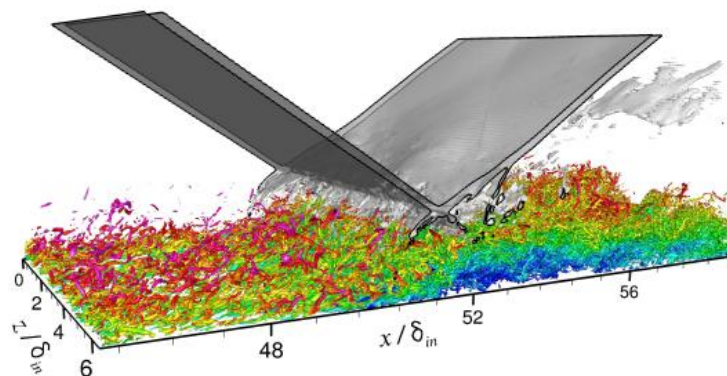


Abbildung 2: Interaktion einer turbulenten Grenzschicht mit einem stehenden Stoß. Rechnung durchgeführt mit ≈ 350 Millionen Punkten von Pirozzoli et al, 2010.

¹Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Strömungsmechanik und technische Akustik, FG Numerische Fluidodynamik, TU Berlin

²Universitätsprofessor, Institut für Strömungsmechanik und technische Akustik, FG Numerische Fluidodynamik, TU Berlin