

# Schallentstehung an nabenlosen Propellern

## Instationäre Strömungssimulation eines nabenlosen Propellers mittels hybridem LES-Modell

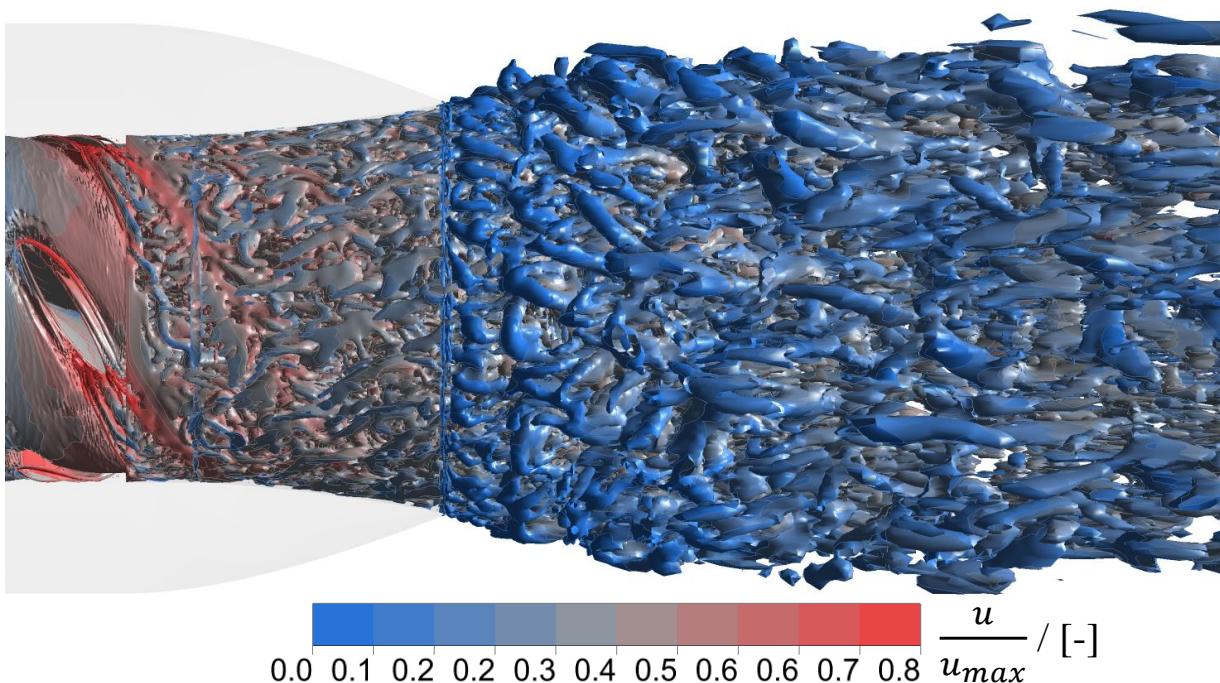
M. Hieke, F.-H. Wurm, Lehrstuhl für Strömungsmaschinen (ITU), Universität Rostock

### Kurzgefasst

- Ziel: Untersuchung der kohärenten Strömungsstrukturen und die Kopplung zur Hydroakustik an nabenlosen Propellern.
- Die numerische Strömungssimulation wird mit dem *Stress Blended Eddy Simulation* (SBES) Modell durchgeführt.
- Im Experiment wurden der Schub, die axiale Strömungsgeschwindigkeit, die Wanddruckfluktuationen sowie der Hydroschall erfasst.
- Die transienten Druck- und Geschwindigkeitsfelder der Strömungssimulation werden im Anschluss der Simulation für die Berechnung des akustischen Drucks mittels modifiziertem *Expansion about Incompressible Flow* (EIF) Algorithmus und einer *Proper Orthogonal Decomposition* (POD) Analyse zur Identifizierung kohärenter Strömungsstrukturen genutzt.

- Die genannten Untersuchungen bilden die Grundlage zum Verständnis der hydroakustischen Schallemission von nabenlosen Propellern. Weiterhin werden die Untersuchungen darüber Aufschluss geben, in wie weit heute die Simulationsverfahren in der Lage sind, die Abstrahlung von Hydroschall hinreichend genau vorherzusagen.

Die stetige Entwicklung neuartiger Technologien im Marinesektor und der steigende Bedarf nach kompakten und effizienten Schiffsantrieben hat eine neue Klasse von nabenlosen Propellerantrieben in den Fokus der Betrachtung gerückt. Diese Antriebe werden heutzutage primär als Bugstrahlruder sowie für *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) und *Remotely Operated Vehicle* (ROV) eingesetzt. Nabenlose Propeller o.a. Impeller werden im Unterschied zu Nabenpropellern mittels Ringmotor (RIM-Drive) vom äußeren Radius aus angetrieben. So ist es möglich den Antrieb unabhängig einer Welle frei am Schiff oder Unterwasserfahrzeug zu platzieren. Die veränderte Bauweise dieses Antrieben führt zwangsläufig auch zu einer veränderten Abstrahlcharakteristik



**Abbildung 1:** Momentanaufnahme des turbulenten nabenlosen Propellernachlaufs mittels  $Q$  Kriterium ( $Q/(n^2) = 19$ ). Referenzströmungsgeschwindigkeit auf Isofläche  $u_{max} = \omega R$ .

im hydroakustischen Spektrum. Nähere Untersuchungen zur Hydroakustik von nabenlosen Propellern gibt es bisher jedoch kaum und sollen im Rahmen des von der DFG geförderten Verbundvorhabens durchgeführt werden.

Die Untersuchungen am nabenlosen Propeller werden mit Hilfe von numerischen und experimentellen Methoden durchgeführt. Auf Basis eines hybriden Ansatzes (SBES)(Spalart (2009)) werden numerische Strömungssimulationen des nabenlosen Propellers in ANSYS CFX durchgeführt (Abb. 1). Das hybride Modell ist eine Erweiterung der Detached Eddy Simulation (DES) (Menter et al.(2016)) in der LES und URANS Regionen in Abhängigkeit ihrer lokalen Gittergröße definiert werden. Für die Simulation wurde ein Blockstrukturiertes Gitter mit hexaedrischen Elementen erstellt und mittels *Grid Convergence Index* (GCI)- und *Power Loss Analysis* (PLA)-Methoden verifiziert. Die Ergebnisse der Strömungssimulation werden weiterhin durch die Messung des Schubes, der axialer Strömungsgeschwindigkeit, der Wanddruckfluktuation im Propellerkanal sowie durch Hydrophonmessungen validiert.

Im Fokus der Betrachtung steht die Analyse des nabenlosen Wirbelsystems und die Kopplung zur Hydroakustik. Auf Basis der transienten Druck- und Geschwindigkeitsfelder der SBES werden POD-Analysen des Gesamtsystems sowie von Teilsystemen durchgeführt. Die resultierenden kohärenten Strukturen liefern Hinweise zur Identifikation von Schallquellen bestimmter charakteristischer Frequenzen. Weiterhin wird das Verhalten des nabenlosen Wirbelsystems phänomenologisch mit dem von Nabenpropellern (Felli et al. (2011), Muscari et al.(2013)) verglichen. So ist das Transitionsverhalten sowie die Transitionslänge des nabenlosen Wirbelsystems im Vergleich zu Nabenpropellern gegenüber der hydrodynamischen Untersuchungen.

Die Rohdaten der Druck- und Geschwindigkeitsfelder der SBES werden weiterhin für die Berechnung des hydroakustischen Feldes mittels optimierten EIF-Algorithmus (Shen et al.(1999)) genutzt. Das Verfahren wurde im offenen Framework von OpenFOAM implementiert und wird stetig weiterentwickelt.

#### WWW

<http://www.itu.uni-rostock.de/>

#### Weitere Informationen

- [1] **Spalart P.R.:** Detached Eddy Simulation. Annu. Rev. Fluid Mech. 41:181-202, 2009
- [2] **F.R. Menter und ANSYS Germany GmbH:** Stress Blended Eddy Simulation (SBES)-A new Paradigm in hybrid RANS LES Modeling. Sixth HRLM Symposium, 2016.
- [3] **M. Felli, R. Camussi, F. Di Felice:** Mechanisms of evolution of the propeller wake in the transition and far fields, Journal of Fluid Mechanics, 2011.
- [4] **R. Muscari, A.D. Mascio:** Detached Eddy Simulation of the flow behind an isolated propeller, 2013.
- [5] **Shen, W. Z.; Sørensen, J. N.:** Comment on the Aeroacoustic Formulation of Hardin and Pope. AIAA Journal Reader's Forum 37 (1999), 141-145.

#### Projektpartner

Institut für Modellierung und Berechnung, TU Hamburg-Harburg, Prof. Dr.-Ing. Otto von Estorff

#### Förderung

DFG-Projekt WO601/1-1