

# Adjungierte Turbulenzmodelle zur Hydrodynamischen Optimierung von Schiffen

## Adjoint Turbulence Models for Hydrodynamic Ship Optimization (AdTurbo)

*P.M. Müller, N. Kühl, T. Rung, Institut für Fluidodynamik und Schiffstheorie, Technische Universität Hamburg*

### Kurzgefasst

- Schiffe sind an etwa 90% des globalen Handels beteiligt.
- Zielgerichtete (adjungierte) Optimierung ermöglicht eine rasche Verbesserung der Schiffsform.

Etwa 90% des globalen Handels stützt sich auf Seetransport. Die Dominanz des Seeverkehrs im Bereich des Handelstransports ist durch die sehr niedrigen Transportkosten pro km und Tonne begründet. Die Welthandelsflotte umfasst ca. 45-50 tausend Schiffe, die insgesamt signifikant zur globalen Umweltbelastung beitragen und deren Betrieb einen beachtlichen wirtschaftlichen bzw. finanziellen Aufwand erfordert. Aus diesen Gründen steht der Seeverkehr im Zentrum vieler unterschiedlicher Optimierungsbemühungen. Die schiffsinduzierte Umweltbelastung und etwa 50% der direkten Betriebskosten von Handelsschiffen hängen vom Brennstoffverbrauch ab. Dieser ist maßgeblich vom hydrodynamischen Widerstand des Schiffes beeinflusst, welcher größtenteils (ca. 75%) aus dem stationären Reibungs- und Wellenwiderstand entlang der benetzten Oberfläche besteht. Selbst für kleinste Verbesserungen sind wissenbasierte Strategien zur Reduktion dieser Widerstandsbeiträge sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus umweltpolitischen Gründen sehr willkommen.

Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Vorhaben befasst sich mit der Weiterentwicklung eines simulationsbasierten Verfahrens zur strömungsmechanischen Optimierung von turbulent durchströmten/umströmten Körpern.

Dazu wird der am Institut für Fluidodynamik und Schiffstheorie der TUHH entwickelte Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) Löser FreSCo<sup>+</sup> entsprechend weiterentwickelt. Es handelt sich um eine effiziente, parallelisierte numerische Finite-Volumen-Methode (FVM) zur primalen sowie dualen (adjungierten) Simulation turbulent strömender, viskoser Medien mit integrierten Modulen zur automatischen Formänderung sowie zum Gitterupdate.

Die geförderten Arbeiten beschränken sich auf gradientengestützte, adjungierte Optimierungsmethoden und CAD-freie bzw. parameterfreie Formbe-

schreibungen. Dabei liegt der Fokus auf der Entwicklung einer robusten sowie effizienten Prozesskette unter ganzheitlicher Berücksichtigung aller praxisrelevanten strömungsmechanischer Effekte und Bedingungen. Grundlage der Entwicklungen sind kontinuierlich-adjungierte Theorien zur Sensitivitätsanalyse in komplexen viskosen Mehrphasenströmungen. Primäre wissenschaftliche Ziele des geplanten Vorhabens sind die Entwicklung eines reduzierten Turbulenzmodells bei der Formulierung des adjungierten Verfahrens auf Basis von Invariantentheorien, die anschließende Erweiterung auf eine konsistente duale Turbulenzmodellierung, das Verwenden von alternativen Wandfunktionen innerhalb des adjungierten Kalküls sowie die Beurteilung des Mehraufwandes auf Grund der genannten Ziele mit Bezug auf den gesamten Optimierungsprozess von realen Geometrien bei praxisrelevanten Betriebspunkten. Die Anwendungen konzentrieren sich auf maritime Anwendungen bei Froude- und Reynolds-Zahlen von praktischem Interesse wie beispielsweise völlige Offshore-Versorgungsschiffe oder ein vielfach untersuchtes Containerschiff.

### WWW

<http://www.tuhh.de/fds>

### Weitere Informationen

- [1] Kröger, J., Kühl, N., Rung, T. Adjoint Volume-of-Fluid Approaches for the Hydrodynamic Optimisation of Ships. *Ship Technology Research* (2018) 65, pp. 47 – 68 doi: 10.1080/09377255.2017.1411001
- [2] Kröger, J., Rung, T. Cad-free hydrodynamic optimisation using consistent kernel-based sensitivity filtering. *Ship Technology Research* (2015) 62, pp. 111 – 130 doi: 10.1080/09377255.2015.1109872
- [3] N. Kühl, M. Hinze, and T. Rung. Cahn-Hilliard Navier-Stokes Simulations for Marine Free-Surface Flows. arXiv preprint arXiv:2002.04885, 2020.

### Projektpartner

U. Hamburg, Department für Mathematik

### Förderung

DFG - GRK 2583