

# NUMERISCHE METHODEN ZUR SIMULATION VON SCHWAPPVORGÄNGEN IN FLÜSSIGWASSERSTOFFTANKS

J. Markert\*, M. Ertl†, J. Löwe‡, D. Kunhappan‡, A. Goerttler§

\* DLR, SC-HPC, Linder Höhe, 51147 Köln, Deutschland

† DLR, AS-RFZ, Bunsenstr. 10, 37073 Göttingen, Deutschland

‡ DLR, AS-CAS, Bunsenstr. 10, 37073 Göttingen, Deutschland

§ DLR, AS-HGK, Bunsenstr. 10, 37073 Göttingen, Deutschland

## Zusammenfassung

Eines der relevanten physikalischen Phänomene bei der Planung von bewegten Flüssigkeitstanks ist das Tankschwappen - ein komplexes dreidimensionales und instationäres Phänomen, welches nicht durch vereinfachte Methoden abgebildet werden kann. Daher werden Mehrphasenströmungssimulationen zur Modellierung herangezogen. Im Rahmen von HYTAZER kommen verschiedene numerische Lösungsstrategien zum Einsatz, die einen direkten Vergleich der Simulationsergebnisse hinsichtlich Genauigkeit, Performance und Erweiterbarkeit erlauben. Im CFD-Code CODA wird im Finite-Volumen-Kontext eine Kombination der neuesten Volume-of-Fluid Methoden (VOF) [1] mit einem druckbasierten/inkompressiblen Löser entwickelt und implementiert. Der inkompressible Löser in CODA verfolgt einen implizit gekoppelten Ansatz [2], bei dem keine explizite Druckgleichung aufgestellt wird. Als Methode zur Reduktion numerischer Diffusion beim VOF Transport kommt das Interface Compression Scheme [3] zum Einsatz. Eine andere Strategie zur Simulation von Tankschwappvorgängen wird mit dem DLR THETA Code [4], dem inkompressiblen Modul von TAU, verfolgt. In diesem Code kommt auch die VOF-Methode zum Einsatz, aber zur Berechnung der Phasengrenzfläche wird das CICSAM Schema [5] angewendet. Mit THETA werden zunächst die bei verschiedenen Startabbruchvorgängen von Flugzeugen auftretenden Kräfte und Momente untersucht. Ein Fokus liegt hierbei auf die Amplitude der Schwappbewegung. Zusätzlich wird der Einfluss von Füllhöhen im Tank analysiert. Ein weiteres Forschungsziel ist die Konstruktion, Analyse und performante Implementierung von entropie-stabilen adaptiven Discontinuous-Galerkin Verfahren hoher Ordnung für schwach-kompressible Zweiphasenströmungen mit diffusen Grenzflächen im Open-Source Code Trixi.jl [6]. Hierbei operiert der Löser auf unstrukturierten dynamisch-adaptiven baumbasierten Gittern mit dem Ziel hohe Effizienz bei der parallelen Skalierung zu erreichen. In diesem Vortrag werden die aktuellen Forschungsansätze vorgestellt und erste Ergebnisse präsentiert.

## Keywords

Tankschwappen, Flüssigwasserstoff, Mehrphasenströmungen, Volume-of-Fluid-Methoden, Discontinuous-Galerkin-Methoden

Kontaktadresse:

[johannes.markert@dlr.de](mailto:johannes.markert@dlr.de)

Literatur

- [1] Cyril W Hirt and Billy D Nichols. Volume of fluid (vof) method for the dynamics of free boundaries. *Journal of computational physics*, 39(1):201–225, 1981.
- [2] Marwan Darwish, Ihab Sraj, and Fadl Moukalled. A coupled finite volume solver for the solution of incompressible flows on unstructured grids. *Journal of Computational Physics*, 228(1):180–201, 2009.
- [3] Paolo Cifani, WR Michalek, GJM Priems, Johannes GM Kuerten, CWM van der Geld, and Bernardus J Geurts. A comparison between the surface

compression method and an interface reconstruction method for the vof approach. *Computers & Fluids*, 136:421–435, 2016.

- [4] Markus Gauer. Simulation of the sloshing behaviour of two-phase flows in cryogenic rocket upper stages. 01 2013.
- [5] O. Ubbink and R.I. Issa. A method for capturing sharp fluid interfaces on arbitrary meshes. *Journal of Computational Physics*, 153(1):26–50, 1999. ISSN: 0021-9991. DOI: <https://doi.org/10.1006/jcph.1999.6276>.
- [6] Michael Schlottke-Lakemper, Gregor J Gassner, Hendrik Ranocha, and Andrew R Winters. Trixi.jl: Adaptive high-order numerical simulations of hyperbolic PDEs in Julia. <https://github.com/trixi-framework/Trixi.jl>, 08 2020. DOI: [10.5281/zenodo.3996439](https://doi.org/10.5281/zenodo.3996439).