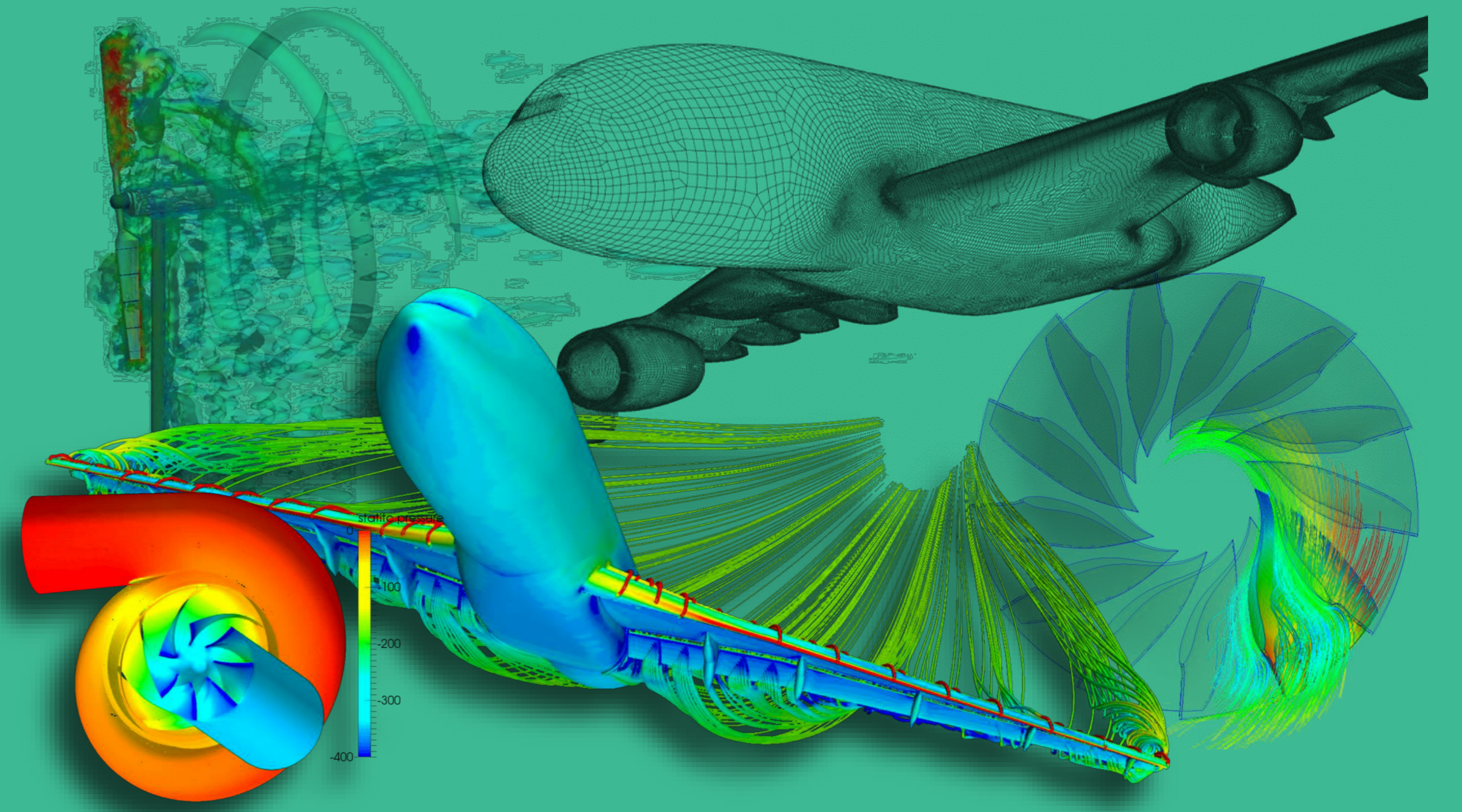


## Numerische Strömungssimulation

Die Strömungsmechanik ist im Alltag und der Technik in nahezu jeder Anwendung, wie z.B. im Bereich der Strömungsmaschinen, der Aerodynamik, Fahrzeugtechnik, Klimatechnik, Raumfahrt, Medizin, uvm. vertreten.

Die **numerische Strömungssimulation** (CFD, *Computational Fluid Dynamics*) ersetzt keineswegs die analytische- oder experimentelle Strömungsmechanik, sondern ergänzt diese Disziplinen vielmehr. Wenngleich die numerische Strömungssimulation mit Vereinfachungen und Modellannahmen verbunden ist, bietet sie in vielen Fällen eine schnelle und kostengünstige Lösung, sowie einen Einblick in detaillierte Bereiche beliebiger Konfigurationen [3, 2].

Der Ingenieur wird hierbei keineswegs durch die Programme ersetzt, denn in jedem Fall sind grundlegende Kenntnisse der Strömungslehre sowie eine ausreichende Validierung und Verifizierung die Grundlage für den Entwurf und die Verbesserung von Bauteilen und Verfahren.



Beispielhafte Anwendungen für die numerische Strömungssimulation.

## OpenFoam

Neben einer Vielzahl an kommerziellen Verfahren wird an der Hochschule Offenburg u.a. das quelloffene Programmpaket **OpenFOAM** (Open Field Operation and Manipulation) eingesetzt [4]. Die Ursprünge dieser Programmbibliothek zur numerischen Lösung strömungsmechanischer Problemstellungen (CFD) liegen in Entwicklungsarbeiten, die in den späten 80'er Jahren am Imperial College in London unternommen wurden. Heute bietet das Programmpaket neben einer Vielzahl von Lösungsverfahren (Solver) für unterschiedliche Anwendungsbereiche, Werkzeuge zur Modellgenerierung und Analyse (Pre- und Post-processing), und erlaubt die Entwicklung eigener angepasster Applikationen auf der Basis von C++ Bibliotheken. **OpenFOAM** liegt als Open Source Software im Quellcode vor, und wird unter der General Public License (GPL) zur Verfügung gestellt.

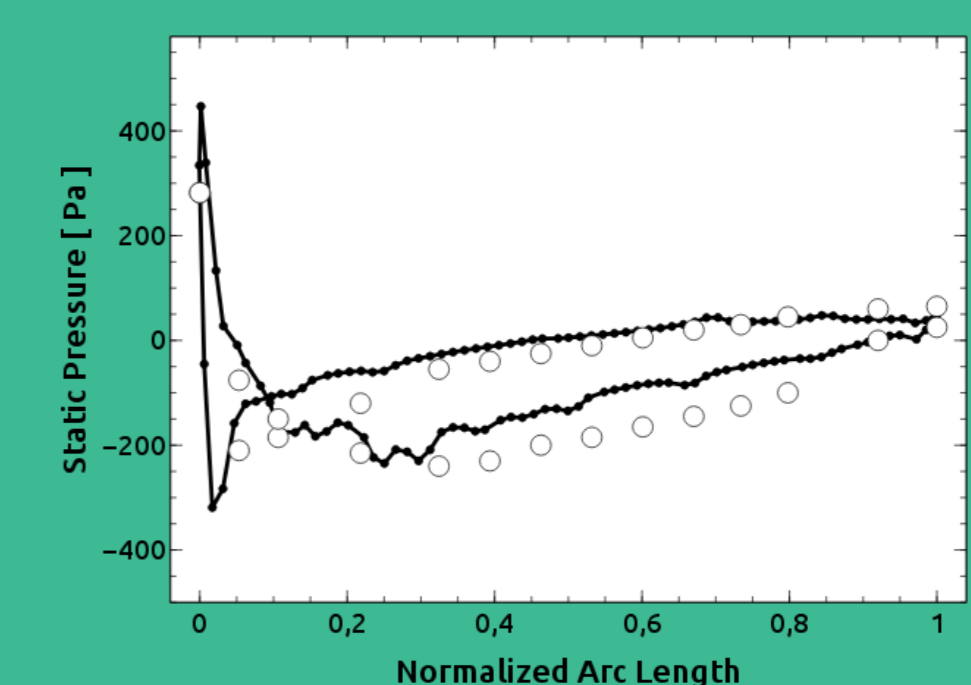
OpenFOAM

## Simulation einer Tragflügelumströmung

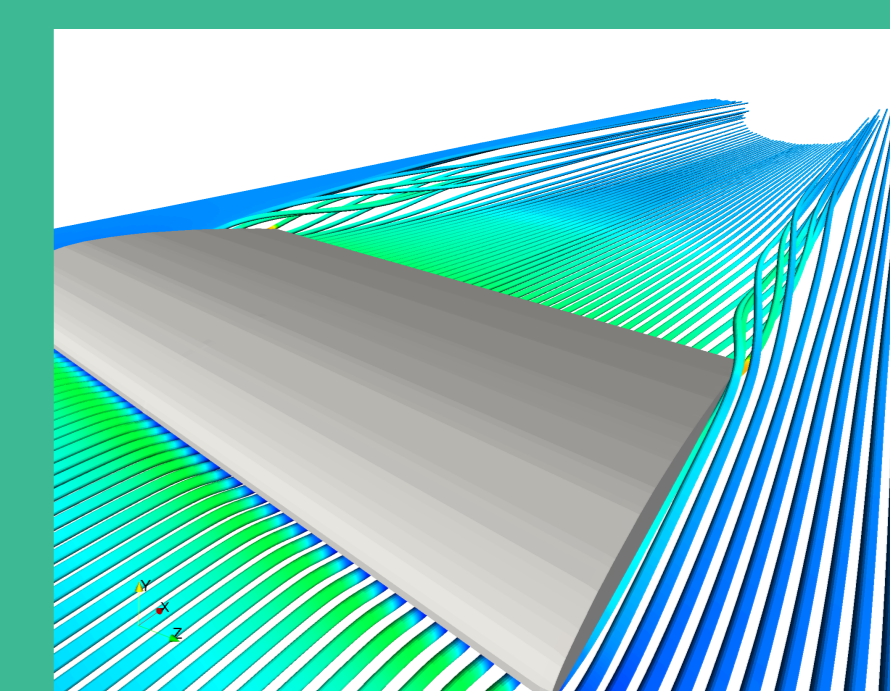
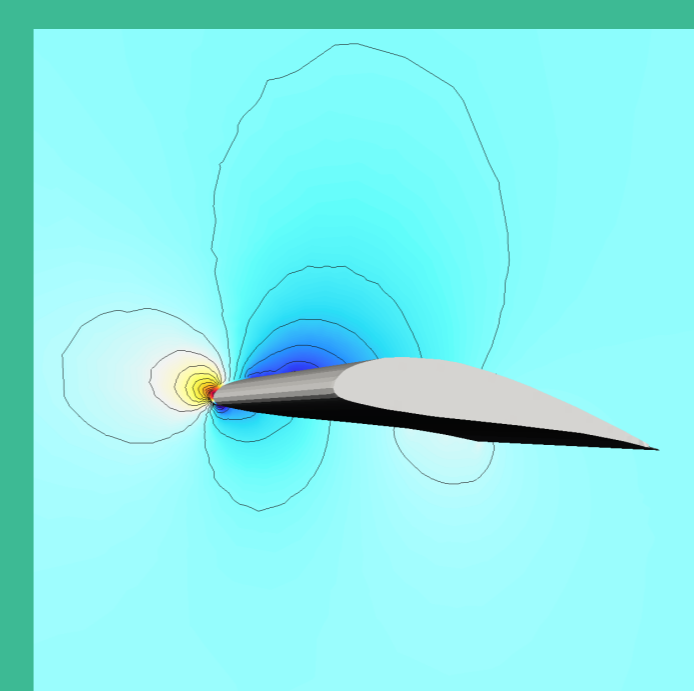
In einer Projektarbeit [1] wurde beispielhaft die Simulation einer Tragflügelumströmung für das Profil GOE-532 durchgeführt, welches auch als Modell für die Vermessung im Windkanal des KuA-Labors vorliegt.

Für einen Anstellwinkel von  $\alpha = 0^\circ$  wurde die Druckverteilung im Windkanal der Hochschule Offenburg vermessen und ist in nebenstehender Abbildung im Vergleich mit den Ergebnissen einer Simulationsrechnung dargestellt. Die weiteren Abbildungen zeigen die Konturlinien der Druckverteilung in der Umgebung des berechneten Tragflügelprofils, sowie die Visualisierung der an den Tragflügelenden abgehenden Wirbelschleppen.

Das quelloffene CFD-Werkzeug OpenFOAM konnte erfolgreich an einem praxisrelevanten Beispiel angewendet werden. Für den Rahmen einer Projektarbeit wurden zufriedenstellende Ergebnisse erzielt und die grundlegenden Phänomene erfasst.



Tragflügelmodell im Windkanal der Hochschule Offenburg (links) und Vergleich der Druckverteilungen um das Tragflügelprofil aus Messung und Simulation (rechts).



Konturlinien der Druckverteilung auf einem Schnitt in Strömungsrichtung (links) sowie eine Darstellung von Stromlinien zur Visualisierung der Wirbelschleppen an den Tragflügelenden (rechts).

## Quellen

- [1] Ansab ALI. *Comparison of OpenFOAM with Commercial Software*. Technical Report. 2015-11.
- [2] Joel H. FERZIGER und M. PERIĆ. *Computational methods for fluid dynamics*. 3rd, rev. ed. Berlin ; New York: Springer, 2002. ISBN: 978-3-540-42074-3.
- [3] Ch HIRSCH. *Numerical computation of internal and external flows: fundamentals of computational fluid dynamics*. 2nd ed. Oxford ; Burlington, MA: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN: 978-0-7506-6594-0.
- [4] OPENFOAM. *Free Open Source CFD*. 2015-11. URL: <http://www.openfoam.org>.