

Advanced Design Project

„Turbulenzmodellierung mithilfe von Physikalisch-Informierten Neuronalen Netzen“

(“Turbulence modeling using Physics-Informed Neural Networks”)

Dieses ADP liegt im Themenbereich Aerospace Engineering.

Teilnehmer: 4-7

Betreuer: Felician Putz, M. Sc.

Anzahl CP: 6

Beginn: nach Absprache

Dauer: ca. 5 Wochen (Vollzeit), ca. 12 Wochen (Teilzeit)

Aufgabenstellung

Mit Physics-Informed Neural Networks (PINNs) lassen sich partielle Differentialgleichungen mithilfe von Deep Learning Neuronalen Netzen lösen, unabhängig von klassischen numerischen Problemen wie Gittererstellung. Diese Methode stellt eine Alternative zur Computational Fluid Dynamics dar, in der Gleichungen diskretisiert und auf einem numerischen Gitter gelöst werden.

PINNs wurden 2017 von Raissi et al. entwickelt. Hierbei wird ein Neuronales Netz so trainiert, dass zum einen an beliebigen Punkten im Raum die Differentialgleichung erfüllt wird und zum anderen Anfangs- und Randbedingungen eingehalten werden. Zusätzlich können unbekannte Größen einer Gleichung, wie beispielsweise Modellparameter, so bestimmt werden, dass sie gegebene experimentelle oder numerische Daten optimal wiedergeben, auch wenn diese verrauscht sind.

Mithilfe des Python Paketes TensorFlow können Neuronale Netze in Verbindung mit Differentialgleichungen gesetzt und so PINNs erstellt werden. Hierzu existieren bereits einige Programme, die in diesem ADP eingesetzt werden sollen.

Am Fachgebiet für Strömungsdynamik wird an einem Turbulenzmodell geforscht, welches neu gefundene Symmetrien der gemittelten Navier-Stokes-Gleichungen enthält und somit unter Anderem in der Lage ist, die korrekten Skalierungsgleichungen in dem logarithmischen wandnahen Bereich sowie der Kern-Region einer Kanalströmung abzubilden. Die hierbei auftretenden Modellparameter müssen mithilfe von Daten aus direkten numerischen Simulationen bestimmt werden. Hierzu sollen ebenfalls PINNs verwendet werden.

Die Aufgaben des ADPs umfassen somit:

- Einarbeitung in bestehende Pakete zur Erstellung von PINNs, eventuell Anpassung an TensorFlow 2
- Validierung von Ergebnissen aus der Literatur mithilfe von PINNs
- Bestimmung von Modellparametern eines Turbulenzmodells mithilfe von PINNs

Darmstadt, 21.03.2023

Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Oberlack