

Strömungsmodellierung und künstliche Intelligenz: Vergleich zwischen traditioneller Strömungssimulation (CFD) und physikalisch-informierten Neuronalen Netzen (PINNs)

Bachelor-/Masterarbeit oder Hiwi-Tätigkeit

Beginn: flexibel

Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik

Hintergrund und Aufgaben:

Eine zentrale Herausforderung in der numerischen Strömungsmechanik ist die effiziente und genaue Simulation komplexer Strömungen. Traditionell basieren diese Berechnungen auf den etablierten Methoden der Computational Fluid Dynamics (CFD), welche physikalische Gesetzmäßigkeiten, wie die Navier-Stokes-Gleichungen, diskretisieren und numerisch lösen. Diese Methoden benötigen oft erhebliche Rechenressourcen, insbesondere bei fein aufgelösten Netzen oder hochgradig nichtlinearen Strömungsphänomenen.

In den letzten Jahren hat sich mit dem Aufkommen von Physics-Informed Neural Networks (PINNs) eine neue Klasse von Ansätzen entwickelt, die auf maschinellem Lernen basiert und physikalische Gesetzmäßigkeiten in das Training von neuronalen Netzen integriert. Dabei können Randbedingungen, Startbedingungen und beliebige physikalische Gleichungen hinterlegt werden. Durch den Einsatz von automatischen Differenzierern (AD) können diese Systeme auch Differentialgleichungen (wie z.B. Kontinuitätsgleichung, Navier-Stokes-Gleichungen, etc.) berücksichtigen.

Damit bieten PINNs potenziell eine effizientere und flexiblere Methode zur Lösung partieller Differentialgleichungen, indem sie die festgelegten Gleichungen direkt in das Netzwerkdesign einbeziehen, ohne dass für die Berechnung ein Simulationsgitter oder eine explizite Diskretisierung erforderlich wird.

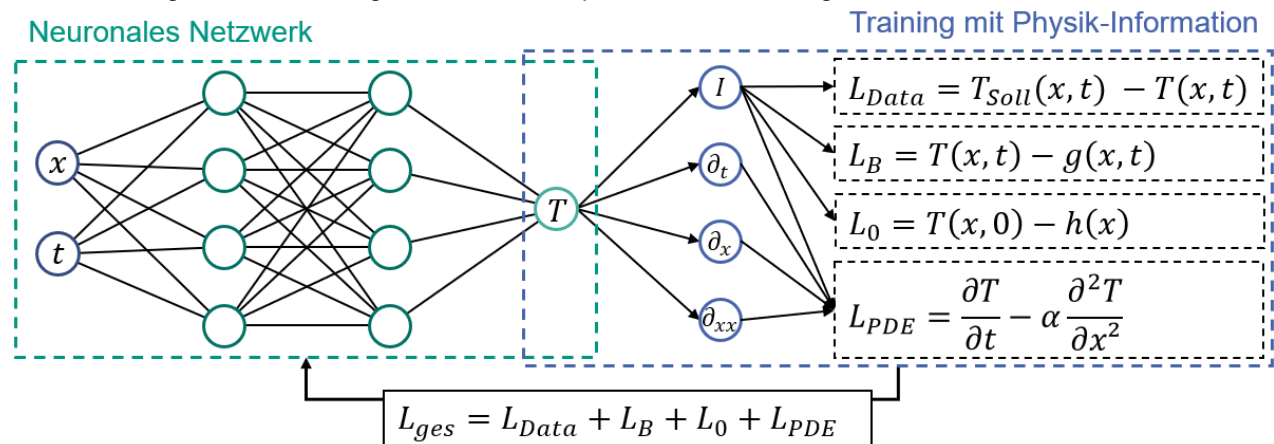


Abbildung 1: Aufbau einer einfachen PINN-Architektur mit physikalischen Informationen, die im Trainingsprozess berücksichtigt werden.

Ziel der ausgeschriebenen Arbeit ist die Aufstellung eines systematischen Vergleichs zwischen klassischen CFD-Methoden und PINNs. Der Fokus soll auf der Analyse der Vor- und Nachteile beider Ansätze hinsichtlich Vorbereitungsaufwand, Rechenzeit und Genauigkeit liegen. Dabei soll gezeigt werden, inwieweit PINNs eine Alternative zu traditionellen Strömungssimulationen darstellen können und welche Anwendungsbereiche besonders von diesen neuen Methoden profitieren könnten.

Für die Umsetzung der Arbeit sind erste Kenntnisse im Programmieren hilfreich.

Ich freue mich über Deine Nachricht!

Stefan Gietl

stefan.gietl@kit.edu

+49 721 608-41428