

Untersuchungen zur statischen Stabilität neuronaler Netze in fluidmechanischen Anwendungen

Die datenbasierte Modellierung spielt auch in physikalischen Problemen eine immer größere Rolle. In der Fluidmechanik wird z.B. aktiv daran geforscht, den Effekt der Turbulenz auf die Strömung durch neuronale Netze (NNs) zu beschreiben. Dabei fungieren die NNs als Submodell in einem System partieller Differentialgleichungen, die numerisch gelöst werden. Es konnte gezeigt werden, dass die Stabilität des Strömungslösers und damit die Güte der Vorhersagen mit der Sensitivität der NNs ggü. Störungen in seinen Eingangsgrößen zusammenhängt. Letzteres definiert die statische Stabilität von NNs, welche u.a. durch die Lipschitz-Konstante (LK) des NNs charakterisiert werden kann. Deren exakte Bestimmung ist i.A. zwar nicht möglich, allerdings existieren unterschiedlich genaue Abschätzungen der tatsächlichen LK. Im Rahmen dieser Arbeit sollen solche Abschätzungen zunächst implementiert und anschließend auf ihre Schärfe hin untersucht werden. Diese Abschätzungen sollen genutzt werden, um das Training von NNs derartig zu lenken, dass diese garantiert bestimmten Stabilitätsanforderungen genügen. Schließlich soll quantifiziert werden, wie sich die statische Stabilität des NNs auf die Güte der Strömungslösung auswirkt.

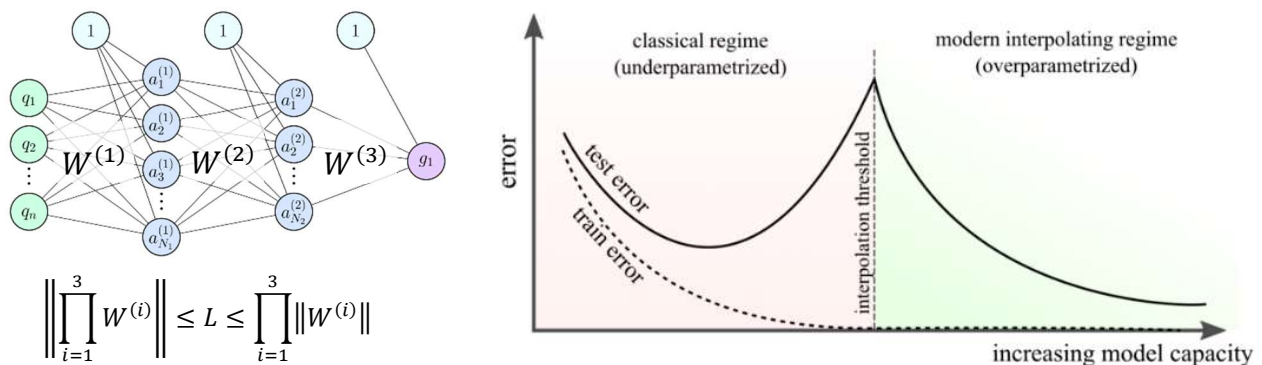


Abb. 1: Schematische Darstellung eines NNs und dessen naiver Schranken für die Lipschitz-Konstante L (links) sowie Illustration des Double-Descent Phänomens (rechts) [übernommen von: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Double_descent.png, CC-BY-SA-4.0]

Aufgaben

- Implementierung verschiedener Methoden zur Abschätzung der LK in Python
- Untersuchung der Schärfe der Approximationen in Abhängigkeit von der Tiefe der NNs
- Entwicklung einer Trainingsstrategie für NNs, welche garantiert, dass die LK vorgegebene Grenzwerte nicht über- oder unterschreitet
- Untersuchung des Einflusses der LK eines datenbasierten Turbulenzmodells auf die Güte der Strömungslösung
- Anwendung der LK-Approximationen zur Untersuchung des Double-Descent-Phänomens

Folgende Vorkenntnisse sind wünschenswert:

- Programmiererfahrungen, vorzugsweise mit Python
- idealerweise erste Erfahrungen mit maschinellem Lernen, insbesondere neuronalen Netzen

Bearbeitungsbeginn und –dauer: ab sofort, 6 Monate

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:

Hannes Mandler, M.Sc.

hannes.mandler@itlr.uni-stuttgart.de

+49 (0)711 685 62636

Adrian Grimm, M.Sc.

adrian.grimm@ifr.uni-stuttgart.de

+49 (0)711 685 69089