

Abstract of dissertation

Candidate: Matteo Favoni

Supervisor: Andreas Ipp

Externals: Tilo Wettig, Kai Zhou

Title: Symmetry-preserving neural networks in lattice field theories

Abstract: This thesis deals with neural networks that respect symmetries and presents the advantages in applying them to lattice field theory problems. The concept of equivariance is explained, together with the reason why such a property is crucial for the network to preserve the desired symmetry. The benefits of choosing equivariant networks are first illustrated for translational symmetry on a complex scalar field toy model. The discussion is then extended to gauge theories, for which Lattice Gauge Equivariant Convolutional Neural Networks (L-CNNs) are specifically designed ad hoc. Regressions of physical observables such as Wilson loops are successfully solved by L-CNNs, whereas traditional architectures which are not gauge symmetric perform significantly worse.

Finally, we introduce the technique of neural gradient flow, which is an ordinary differential equation solved by neural networks, and propose it as a method to generate lattice gauge configurations.

Zusammenfassung: Diese Arbeit befasst sich mit neuronalen Netzen, die Symmetrien respektieren, und stellt die Vorteile ihrer Anwendung auf gitterfeldtheoretische Probleme dar. Das Konzept der Äquivarianz wird erklärt, zusammen mit der Begründung, warum eine solche Eigenschaft für das Netz entscheidend ist, um die gewünschte Symmetrie zu erhalten. Die Vorteile der Wahl äquivarianter Netze werden zunächst für die Translationssymmetrie eines komplexen Skalarfeld-Spielzeugmodells erläutert. Die Diskussion wird dann auf Eichtheorien ausgedehnt, für die Lattice Gauge Equivariant Convolutional Neural Networks (L-CNNs) speziell entworfen werden. Regressionen von physikalischen Observablen wie Wilson-Schleifen werden von L-CNNs erfolgreich gelöst, während traditionelle Architekturen, die nicht eichsymmetrisch sind, deutlich schlechter abschneiden. Schließlich stellen wir die Technik des neuronalen Gradientenflusses vor, bei der es sich um eine gewöhnliche Differentialgleichung handelt, die von neuronalen Netzen gelöst wird, und schlagen sie als eine Methode zur Generierung von Gittereichkonfigurationen vor.