

Deep Learning for the Quality Control of Tires Based on X-Ray Imagery

Jishnu Raghavan Seshadri

Abstract

Quality control is an essential prerequisite for delivering products that meet safety requirements and ensure high performance. In tire manufacturing, visual inspection of X-ray images of tires is one of these quality control processes. This inspection involves the detection of boundaries of the internal components of the tire to grade the tire's quality. In this thesis, deep learning-based approaches are investigated to automate the detection of the component boundaries in x-ray images of tires. This automated system is to be used as a supplement to an existing conventional system that does not fulfill all requirements when detecting these boundaries.

Boundary detection using convolutional neural networks (CNNs) is a promising candidate to overcome current restrictions in the context of evaluation of x-ray tire images. A methodology is developed to process large tire x-ray images which are to be provided as inputs to the CNNs. By taking advantage of the symmetrical construction of a tire, the number of boundary classes required for prediction is reduced. Two different segmentation approaches using fully convolutional neural networks for boundary detection are developed in this thesis. Novel post-processing schemes are introduced for both these approaches to refine the coarsely predicted boundaries by exploiting the vertical nature of the boundaries in the image. One of these approaches uses a multi-label segmentation model which is able to localize as well as identify boundaries. Using this approach, with an F1-score of 0.990 a very high accuracy is achieved on the created test set.

Supervisors: Dennis Wittich, Franz Rottensteiner

Supervisors at Continental Reifen Deutschland GmbH: Dominik Arend M. Eng. (dominik.arend@conti.de), Juliane Gudermuth Dipl.-Ing. (juliane.gudermuth@conti.de)

Deep Learning für die Qualitätskontrolle von Reifen auf Grundlage von Röntgenbildern

Kurzfassung

Die Qualitätskontrolle ist eine wesentliche Voraussetzung für die Lieferung von Produkten, die den Sicherheitsanforderungen entsprechen und eine hohe Leistung gewährleisten. In der Reifenherstellung ist die visuelle Inspektion von Röntgenbildern der Reifen eines dieser Qualitätskontrollverfahren. Diese Inspektion beinhaltet die Erkennung der Kanten der inneren Bauteile eines Reifens, anhand derer die Qualität des Reifens bewertet wird. In dieser Arbeit werden Deep-Learning-basierte Ansätze untersucht, um die Erkennung von Bauteilgrenzen in Röntgenbildern von Reifen zu automatisieren. Dieses automatisierte System soll als Ergänzung zu einem bestehenden konventionellen System eingesetzt werden, welches bei der Kantenerkennung nicht alle Anforderungen erfüllt.

Die Detektion von Begrenzungslinien mit Hilfe von Convolutional Neural Networks (CNNs) ist ein vielversprechender Ansatz, um bestehende Zielkonflikte im Zusammenhang mit diesen Reifen-Röntgenbildern zu lösen. Es wird eine Methode entwickelt, um hochauflösende Röntgenbilder von

Reifen zu verarbeiten, die als Input für ein CNN dienen sollen. Durch die Ausnutzung des symmetrischen Aufbaus eines Reifens wird die Anzahl der in der Prädiktion zu unterscheidenden Klassen von Bauteilbegrenzungen reduziert. In dieser Arbeit werden zwei verschiedene Segmentierungsansätze entwickelt, die Fully Convolutional Neural Networks zur Erkennung von Bauteilbegrenzungen verwenden. Für beide Ansätze werden neuartige Nachbearbeitungsschemata eingeführt, um die zunächst nur grob lokalisierten Grenzen zu verfeinern. Dabei wird ausgenutzt, dass die Begrenzungen im Bild vertikal verlaufen. Einer dieser Ansätze verwendet ein Mehrklassen-Segmentierungsmodell, das in der Lage ist, Bauteilkanten zu lokalisieren und gleichzeitig einem Bauteil zuzuordnen. Unter Nutzung dieses Ansatzes kann mit einem F1-Score von 0,990 eine sehr hohe Genauigkeit auf einem Testdatensatz erreicht werden.