

## KURZFASSUNG

In fast allen modernen Fahrzeugen ist eine elektrische Servolenkung (engl.: *Electronic Power Steering (EPS)*-System) im Einsatz. Diese unterstützt den Fahrer bei Lenkmännövern. Eines der kritischsten Teile in einer EPS-Anwendung ist der Drehmomentensensor, der den direkten Lenkeinschlag erfasst und das Drehmoment, also die Höhe der Drehkraft, an ein Steuermodul zurückmeldet, welches die Lenkunterstützung berechnet. Es ist offensichtlich, welche Gefahren von dysfunktionalen Drehmomentensensoren ausgehen. Aufgrund dessen ist die thyssenkrupp Presta AG, als eine der erfolgreichsten Herstellern von EPS-Systemen, gewillt, eine möglichst hohe Produktsicherheit zu gewährleisten. Hierfür sollen die *Performancekurven* der Drehmomentensensoren, welche im Rahmen der Qualitätsprüfung erzeugt wurden, auf Muster und Anomalien untersucht werden.

In dieser Arbeit, wird ein Ansatz für das oben genannte Vorhaben in Form einer Modellarchitektur, bestehend aus einer *Autoencoder-Ebene*, *Anomaliedetektion-Ebene* und einer *Cluster-Ebene* vorgeschlagen. Die Autoencoder-Ebene enthält einen Autoencoder, welcher die Eingangsdimension der Daten minimiert, hieraus resultieren *latente Repräsentationen*. Außerdem wird in dieser Ebene eine Rekonstruktion der Eingabedaten gebildet. Mittels dieser Rekonstruktion und der Eingabedaten wird dann ein Rekonstruktionsfehler in der Anomaliedetektion-Ebene bestimmt. Übersteigt dieser einen bestimmten Wert, so wird die Eingabe als Anomalie deklariert. Die latenten Repräsentationen werden schließlich in der Cluster-Ebene in einem Cluster-Algorithmus verwendet, um so auf bestimmte Muster schließen zu können.

Die Ergebnisse dieser Arbeit konnten zeigen, dass mittels der vorgeschlagenen Modellarchitektur anomale Performancekurven gefunden werden konnten. Auf einem gelabelten Testdatensatz (96 normale und vier anomale Performancekurven) konnten alle anomalen Performancekurven identifiziert werden. Es konnte auch festgestellt werden, dass die ermittelten Anomalien unterschiedliche Formen aufweisen. Hierdurch wurden, vorher unbekannte Anomalie-Typen konstatiert. Mittels der Cluster-Ebene war es möglich, die Performancekurven in Gruppen einzuteilen. Diese Gruppen lassen sich jedoch nur schwer voneinander unterscheiden.

**Schlagworte** – Clustering; Autoencoder; Deep Learning; Dimensionsreduktion; Encoder; Decoder; Künstliche neuronale Netze; Anomaliedetektion.

## **ABSTRACT**

Almost all modern vehicles are equipped with an electric power steering (EPS) system. This assists the driver during steering maneuvers. One of the most critical parts in of an EPS application is the torque sensor, which detects the direct steering input and reports the torque, i.e. the amount of turning force, back to a control module that calculates the steering assistance. It is obvious what dangers arise from dysfunctional torque sensors. The dangers that arrive from dysfunctional torque sensors are obvious. For this reason, thyssenkrupp Presta AG, as one of the most successful manufacturers of EPS systems, is determined to ensure the highest possible product safety. For this purpose, the performance curves of the torque sensors, which were generated during the quality test, are to be examined for patterns and anomalies.

In this work, an approach for the project mentioned above is proposed in the form of a model architecture consisting of an autoencoder layer, anomaly detection layer and a cluster layer. The autoencoder layer contains an autoencoder which minimizes the input dimension of the data, which results in latent representations. Additionally, a reconstruction of the input data is formed in this layer. Using this reconstruction and the input data, a reconstruction error is then determined in the anomaly detection layer. If this exceeds a certain value, the input is declared as an anomaly. Finally, the latent representations are used in the cluster layer in a clustering algorithm to infer specific patterns.

The results of this work were able to show that anomalous performance curves could be found using the proposed model architecture. On a labeled test data set (96 normal and four anomalous performance curves) all anomalous performance curves could be identified. It was also found that the identified anomalies had different shapes. Throughout this, previously unknown anomaly types were constant. Using the cluster level, it was possible to divide the performance curves into groups, however, these groups are difficult to distinguish from each other.

**Keywords** – Autoencoder; Encoder; Decoder; Deep Learning; Anomaly Detection; Clustering; Dimensionality Reduction.