

Qualitätsschätzung von Laserschneidprozessen mittels Deep Learning

Studiengang: Master of Science in Engineering | Vertiefung: Industrial Technologies
Betreuer: Prof. Roger Weber, Prof. Dr. Horst Heck
Experte: Daniel Kühni (Inetronic AG)
Industriepartner: Bystronic Laser AG, Niederörs

Das Laserschneiden hat sich aufgrund der schnellen Bearbeitung ohne mechanische Belastung in der Metallverarbeitungsindustrie etabliert. Zentrale Voraussetzung für eine hohe Wirtschaftlichkeit der Anlagen ist eine konstant hohe Schnittqualität. Die effektive Qualität wird jedoch erst nach der Entnahme der Werkstücke sichtbar. In dieser Thesis wurden Methoden entwickelt, welche mittels künstlicher Intelligenz anhand von Videoaufnahmen die Qualität des Laserprozesses schätzen.

Ausgangslage

Die Bystronic Laser AG ist einer der weltweit führenden Hersteller von hochautomatisierten Laserschneidanlagen für die Metallverarbeitungsindustrie. Die Schnittqualität muss dabei über mehrere Durchgänge sehr hoch bleiben, um Kosten der Nachbearbeitung oder Ausschuss zu vermeiden. Externe Faktoren wie rostiges Werkstückmaterial oder verschmutzte Schutzgläser der Laseroptik können den Prozess unvorhersehbar beeinträchtigen.

Ziele

Das Ziel der Bystronic Laser AG ist es, die Schnittqualität anhand von Videoaufnahmen des Laserprozesses in Echtzeit zu schätzen. Vorstudien haben gezeigt, dass klassische Methoden der Bildverarbeitung zu ungenau sind. Die vorliegende Arbeit soll die Machbarkeit von Deep-Learning-Methoden prüfen. Dabei sollen Deep-Learning-Modelle durch maschinelles Lernen geeignete Merkmale finden und damit selbstständig die Schnittqualität schätzen. Die Methoden sollen die unterschiedlichen Qualitätsmerkmale auf einer mehrstufigen Skala robust und genau schätzen können. Die Untersuchungen sollen aber auch aufzeigen, welche Sensorik mit welchen Einstellungen für eine Industrialisierung zu wählen sind. Nicht zuletzt sollen diese Untersuchungen ein tieferes Verständnis des Laserprozesses liefern, da heute kein physikalisches Modell die Qualität des Prozesses mit ausreichender Genauigkeit vorhersagen kann.

Umsetzung

Die Bystronic Laser AG hat ein umfassendes Datenset von verschiedenen Laserprozessen erstellt. Die

Schnittqualität ist nach der Bearbeitung quantitativ erfasst worden. Das Datenset wurde in dieser Thesis explorativ analysiert und mit den notwendigen Vorverarbeitungsschritten aufbereitet. Die multidimensionalen Ein- und Ausgabedaten sowie die umfangreichen Tests mit Kreuzvalidierung führten zu fast 3000 Trainings. Mithilfe des Frameworks Tensorflow wurde eine skalierbare Pipeline entwickelt, welche die Entwicklungszeit von Modellen massiv reduziert. Neue Deep-Learning-Modelle können mit wenigen Schritten in die Pipeline eingebunden und auf dem Datenset trainiert werden. Künftige Datensets von anderen Werkstoffmaterialien oder Prozesstechnologien können schnell auf den bewährten Modellen getestet werden.

Resultate

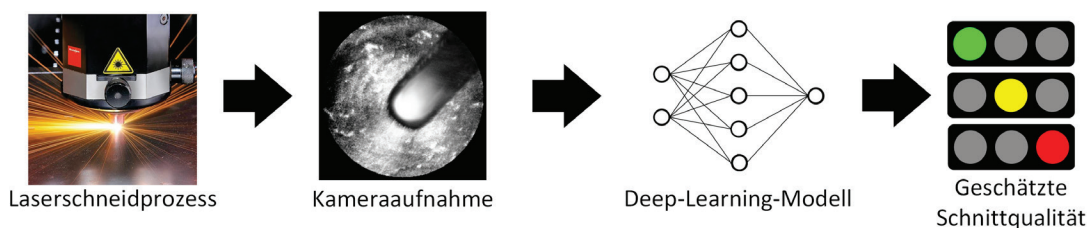
Die vorliegende Arbeit zeigt, dass Deep-Learning-Modelle, welche die zeitliche Dimension der Sensorik berücksichtigen, signifikant besser abschneiden als statische Modelle. Die vorgeschlagenen Algorithmen können zwei vordefinierte Qualitätsmerkmale mit einer Genauigkeit von über 98.5% schätzen. Ein weiteres Merkmal kann bereits zufriedenstellend ermittelt werden. Das Verständnis der Sensorik, des Laserprozesses sowie seine Auswirkung auf die Schnittqualität konnte verbessert werden, sodass in Zukunft noch gezieltere Studien möglich sind. Mit der entwickelten Pipeline kann dem Auftraggeber hierfür ein mächtiges und effizientes Werkzeug übergeben werden. Die im Rahmen dieser Arbeit entstandene Patentanmeldung unterstreicht den hohen Innovationsgrad dieser Lösung.



Joël Bärtschi



Matthias Schranz



Funktionsprinzip der Schnittqualitätsschätzung