

IQMet

KI-gestützte, In-line-Messmethoden zur Qualitätsbestimmung metallischer Bauteile und effizientere Härtungsprozesse

Programm / Ausschreibung	Bundesländerkooperationen TP, AI-Region Upper Austria	Status	laufend
Projektstart	01.02.2025	Projektende	31.01.2028
Zeitraum	2025 - 2028	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Randhärtungstiefe, Metalle, zerstörungsfrei, inline, Mikrostruktur		

Projektbeschreibung

Die klassische Signalverarbeitung ist bei der Mustererkennung in Bildern oft überfordert, während KI-Modelle hier bereits ein hohes Potenzial gezeigt haben. Dieser Vorsprung soll im Forschungsprojekt IQMet genutzt werden, um aus Bildern, die aus Messdaten generiert werden, erweiterte Informationen zu gewinnen. Die metallische Mikrostruktur spielt eine wesentliche Rolle für die mechanischen Eigenschaften von Bauteilen. Durch oberflächliche Härtung von Metallkomponenten wird Verschleißreduktion und somit eine längere Betriebsdauer erreicht, beispielsweise an Lagerstellen von Wellen in Motoren, Generatoren oder Schienenrädern. Eine Sicherstellung der Qualität nach dem Stand der Technik findet derzeit nur statistisch durch mikroskopische Prüfung von gezogenen und zerstörten Proben statt. Es besteht jedoch ein großer Bedarf an einer zerstörungsfreien, inline-fähigen Kontrolle, da eine Probennahme nicht immer möglich und eine 100%-Kontrolle für eine durchgehende Erhöhung der Qualität erforderlich ist. Laser-Ultraschall hat für einige Stähle bereits hohes Potenzial zur Messung der Härtungstiefe gezeigt. Die konventionelle Signalauswertung, wie Mittelung und Filterung, ist jedoch nur begrenzt fähig, da sie kaum Informationsgewinn aus dem scheinbaren Rauschen der Ultraschallsignale, verursacht durch die komplexe Ausbreitung in der metallischen Mikrostruktur, ermöglicht. KI-Modelle sollen nach einer Trainingsphase die Ultraschallbilddaten deutlich besser interpretieren können.

Machine Learning (ML) hat sein Potenzial für eine Vielzahl von Aufgaben in der Mikrostrukturanalyse durchaus unter Beweis gestellt, aber es gibt noch viele offene Fragen. In diesem Projekt werden mehrere Wege beschritten, um den Bottleneck bei der Annotation anzugehen:

- durch die Erforschung eines semi-automatischen Frameworks, der es Domänenexpert*innen ermöglicht, die Laser-Ultraschall-Daten zu annotieren,
- durch die Kombination von Ansätzen des ML und die Verwendung von korrelativen Daten aus der Mikroskopie sowie
- durch die Verwendung von simulierten Daten, die den Vorteil haben, dass die Ground Truth ebenfalls generiert wird, wenn die Daten erzeugt werden.

Fokussiert auf industrielle Bildanalyse und -segmentierung, werden fortschrittliche Methoden für ML, Datenanalyse und -exploration verwendet, die in der industriellen Praxis eingesetzt werden. Dazu gehören moderne ML-Architekturen wie Vision Transformers (ViT) und ResNets.

Die Extraktion von Informationen aus der Mikrostruktur (wie die Schätzung der Korngröße in Stahl) mithilfe von simulierten

Daten und ML ist ein vielversprechender Ansatz, der die Stärken der zerstörungsfreien Prüfung mit fortschrittlichen Datenanalysetechniken kombiniert. Auch wenn es noch Herausforderungen gibt, insbesondere bei der Datengenerierung und Modellvalidierung, bietet dieser Ansatz das Potenzial für eine schnelle und genaue Mikrostrukturanalyse.

Abstract

Traditional signal processing is often overwhelmed when it comes to pattern recognition in images, whereas AI models have already shown great potential here. In the IQMet research project, this advantage is to be used to obtain extended information from images generated from measurement data. The metallic microstructure plays a key role in the mechanical properties of components. By hardening the surface of metal components, wear reduction and thus a longer service life can be achieved, for example at bearing points of shafts in motors, generators or rail wheels. Quality assurance according to the state of the art is currently only carried out statistically by microscopic testing of drawn and destroyed samples. However, there is a great need for a non-destructive, inline-capable inspection, as sampling is not always possible and a 100% inspection is required for a continuous increase in quality. Laser ultrasound has already shown great potential for measuring the hardening depth for some steels. However, conventional signal evaluation, such as averaging and filtering, is only capable to a limited extent, as it hardly allows any information to be gained from the apparent noise of the ultrasonic signals caused by the complex propagation in the metallic microstructure. AI models should be able to interpret the ultrasound image data much better after a training phase.

Machine Learning (ML) has proven its potential for a variety of tasks in microstructure analysis, but there are still many open questions. In this project, several avenues will be explored to address the annotation bottleneck:

- a. by exploring a semi-automated framework that allows domain experts to annotate the laser ultrasound data,
- b. by combining ML approaches and the use of correlative data from microscopy, and
- c. by using simulated data, which has the advantage that the ground truth is also generated when the data is generated.

Focused on industrial image analysis and segmentation, advanced methods for ML, data analysis and exploration used in industrial practice are used. These include modern ML architectures such as Vision Transformers (ViT) and ResNets.

Extracting information from the microstructure (such as estimating grain size in steel) using simulated data and ML is a promising approach that combines the strengths of non-destructive testing with advanced data analysis techniques. While there are still challenges, particularly in data generation and model validation, this approach offers the potential for fast and accurate microstructure analysis.

Projektkoordinator

- Research Center for Non Destructive Testing GmbH

Projektpartner

- BRP-Rotax GmbH & Co KG
- RISC Software GmbH
- STIWA Advanced Products GmbH