

Künstliche Intelligenz in der Lasermaterialbearbeitung

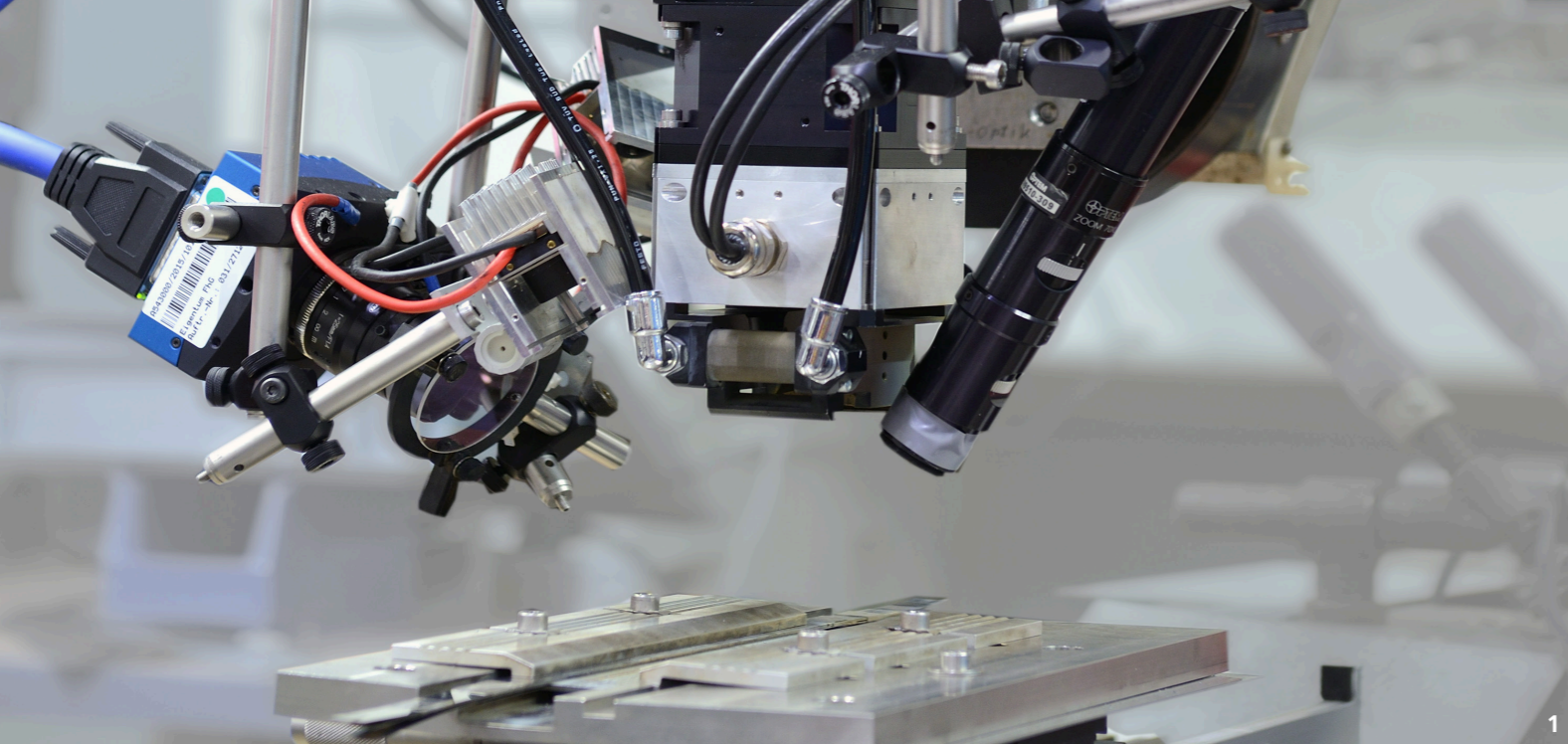
Die zunehmende Vernetzung und Digitalisierung von Maschinen- und Produktionslinien im Rahmen der Industrie 4.0 führt zu einer signifikanten Erhöhung der produktbezogenen Datenmengen mit enormem Potenzial für die Qualitätssicherung und Optimierung von Produktionsprozessen. Die Nutzbarmachung dieses Potenzials mithilfe von Algorithmen aus dem Bereich des maschinellen Lernens ist ein Ziel von Forschung und Entwicklung im Bereich Prozesssensorik am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT.

KI-basierte Qualitätsüberwachung in Echtzeit

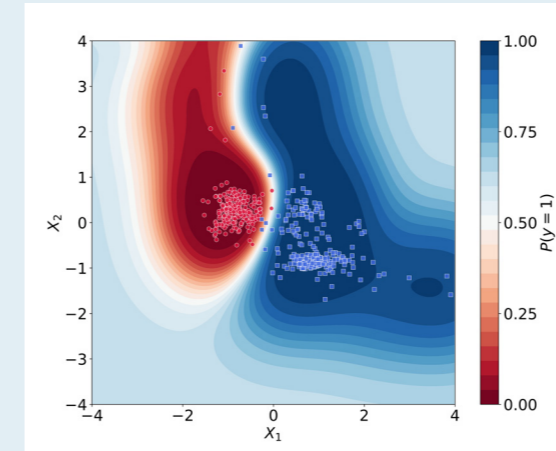
Abhängig von der Anwendung und dem Bearbeitungsprozess können unterschiedliche Sensoren, Signale und Datenströme für die Entwicklung einer echtzeitfähigen, KI-basierten Qualitätsüberwachung verwendet werden. Die in-situ-Prozessbeobachtung mittels Hochgeschwindigkeits-Wärmebildgebung erlaubt beispielsweise die detaillierte Erfassung der Wechselwirkungszone eines Laserschweißprozesses. In Kombination mit Methoden des maschinellen Lernens (ML) ergibt sich die Möglichkeit zur Identifizierung unterschiedlicher Nahtimperfectionen und Prozessabweichungen.

Verfahren aus dem KI-Bereich lassen sich z. B. zur Echtzeit-Regelung von Laserprozessen einsetzen.

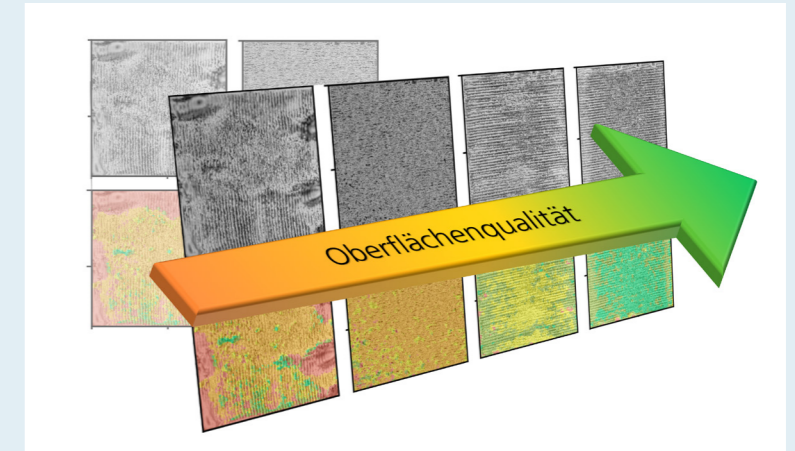




1

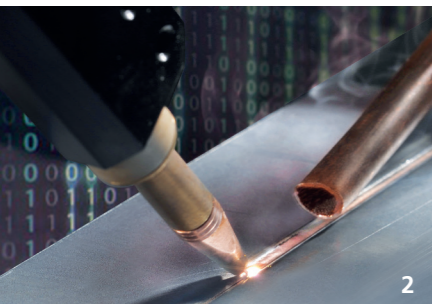


3



4

Künstliche Intelligenz in der Lasermaterialbearbeitung



2

1. Multi-Kamera-Versuchsaufbau für das Laserstrahlschweißen.
2. Laserstrahl-
lötprozess für automobile Anwendungen.

Für die Entwicklung applikationsspezifischer KI-Lösungen, steht den Experten am Fraunhofer ILT ein eigens entwickeltes Softwaremodul zur Verfügung. Dieses Werkzeug ermöglicht unter anderem die Berechnung und Bewertung unterschiedlicher Signal- und Bildmerkmale, die anschließend zu einem ganzheitlichen Prozessfingerabdruck zusammengeführt werden. In einem weiteren Schritt lässt sich eine Qualitätsbewertung des Prozessergebnisses durchführen, um daraus sorgfältig aufbereitete Beispieldatensätze zu generieren.

Abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall kommen unterschiedliche ML-Algorithmen zum Einsatz um Prozessimperfectionen wie Oberflächenporen, Naht einfall, mangelnde Anbindung sowie Abweichungen der Nahtgeometrie anhand des jeweiligen spezifischen Fingerabdrucks voneinander zu unterscheiden.

Neben Algorithmen aus dem Bereich des klassischen maschinellen Lernens kommen Deep Learning-Ansätze wie z. B. Convolutional Neural Networks (CNN) am Fraunhofer ILT zum Einsatz, um eine lokale Schweißnahtqualitätsbewertung basierend auf Rohbilddaten durchzuführen. Dies hat den Vorteil einer höheren Flexibilität und Skalierbarkeit der KI-Lösung, da hier beispielsweise auf

aufwendige FPGA-Implementierungen der Bildverarbeitungsschritte verzichtet werden kann. Die Erkennungsleistung solcher End-zu-Ende-Lösungen ist zudem häufig höher als bei konventionellen ML-Ansätzen, sodass sich hohe Fehlererkennungsraten bei gleichzeitig niedrigen Falschalarmraten erzielen lassen. Die trainierten neuronalen Netze können nach entsprechender Laufzeitoptimierung auf handelsüblichen GPUs mit über 1000 Bildern pro Sekunde bei geringer Latenz ausgeführt werden und eignen sich damit für die Echtzeitqualitätsüberwachung in der Lasermaterialbearbeitung.

Prozessoptimierung mit KI

KI kann neben der Mustererkennung einen weiteren Beitrag zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Qualität von Lasermaterialbearbeitungsprozessen leisten. Es zeigt sich in der Praxis immer wieder, dass es durch unterschiedliche Einflussgrößen zu ungewollten Abweichungen des geplanten Bearbeitungsprozesses kommt. Für einen Ausgleich solcher Prozessabweichungen sind herkömmliche Regelsysteme aufgrund der während der Designphase getroffenen Annahmen häufig ungeeignet, um die komplexen

Wechselwirkungsmechanismen in der Lasermaterialbearbeitung abzubilden. Abhilfe können Verfahren des maschinellen Lernens schaffen, indem beispielsweise ein Software-Agent basierend auf realen Messdaten oder simulativ generierten Daten eine optimale Strategie zur Erfüllung der definierten Prozessziele erlernt.

Am Fraunhofer ILT wurde dazu für das Laser Powder Bed Fusion (LPBF) eine KI-basierte Lösung entwickelt, die in einem ersten Schritt schichtweise die Oberflächenrauheit von LPBF-Bauteilen anhand entsprechender Kamerabilder bewertet. In einem weiteren Schritt werden Verfahren aus dem Bereich Reinforcement Learning (RL) eingesetzt, um eine optimale Strategie hinsichtlich der einzustellenden Prozessparameter für die nächste Bauteilschicht zu erlernen. Anhand der Oberflächenbilddaten erlernt der Software-Agent die situationsangepasste Auswahl von Prozessparametern, die eine möglichst geringe Oberflächenrauheit sowie eine geringe Anzahl an Oberflächendefekten zur Folge haben. Diese Lösung erlaubt eine automatische und kontinuierliche Adaption der erlernten Strategie an neue Prozesssituationen und Zielgrößen.

Das Verfahren ist grundsätzlich auf andere Bearbeitungsprozesse übertragbar und kann auch zur multikriteriellen Optimierung, sowie zur Echtzeit-Regelung eines Prozesses eingesetzt werden.

Vorteile von KI für Ihre Anwendung

Die bestehenden Lösungen können aufgrund ihrer offenen Softwarearchitektur flexibel an individuelle Kundenanforderungen angepasst werden. Am Fraunhofer ILT steht neben GPUs und FPGAs in Form eingebetteter Systeme auch eine NVIDIA DGX-Station mit einer Leistung von 480 TFLOPS zur Analyse großer Datenmengen und für die Entwicklung von KI-Lösungen zur Verfügung.

3. Visualisierung der Entscheidungsgrenzen eines Klassifizierungsalgorithmus zur Detektion von Prozessfehlern (rot: Prozessfehler; blau: Prozess in Ordnung).
4. Optimierung der Oberflächenrauheit von LPBF-Bauteilen mittels KI.

Die Vorteile auf einen Blick

- Nutzung von Einsparpotenzial durch optimierte Prozessparameter
- Nutzbarmachung unterschiedlicher mehrdimensionaler Datenströme aus der Produktion
- Einsparung kostenintensiver nachgelagerter Qualitätssicherungsprozesse
- Schnelle Adaption des Systems bei geänderten Randbedingungen durch automatisierbares Re-Training
- Generierung von Prozesswissen durch Aufdeckung komplexer Zusammenhänge und Muster



QS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 069572 QM15

Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT
Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Kontakt

Christian Knaak M. Sc.
Telefon +49 241 8906-281
christian.knaak@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Peter Abels
Telefon +49 241 8906-428
peter.abels@ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagen-technik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.