

Forschungsprojekt RoboGrind

Mit hybrider KI Bauteile aufbereiten

Automationssysteme führen meist exakt die gleichen Bewegungen aus. Der Weg zu flexiblen Systemen mit sich laufend verändernden Bewegungen ist weit. Im Projekt RoboGrind entwickelt ein Konsortium ein solches System. Darin soll eine hybride KI die flexibel automatisierte Oberflächenbearbeitung mit Robotern ermöglichen.

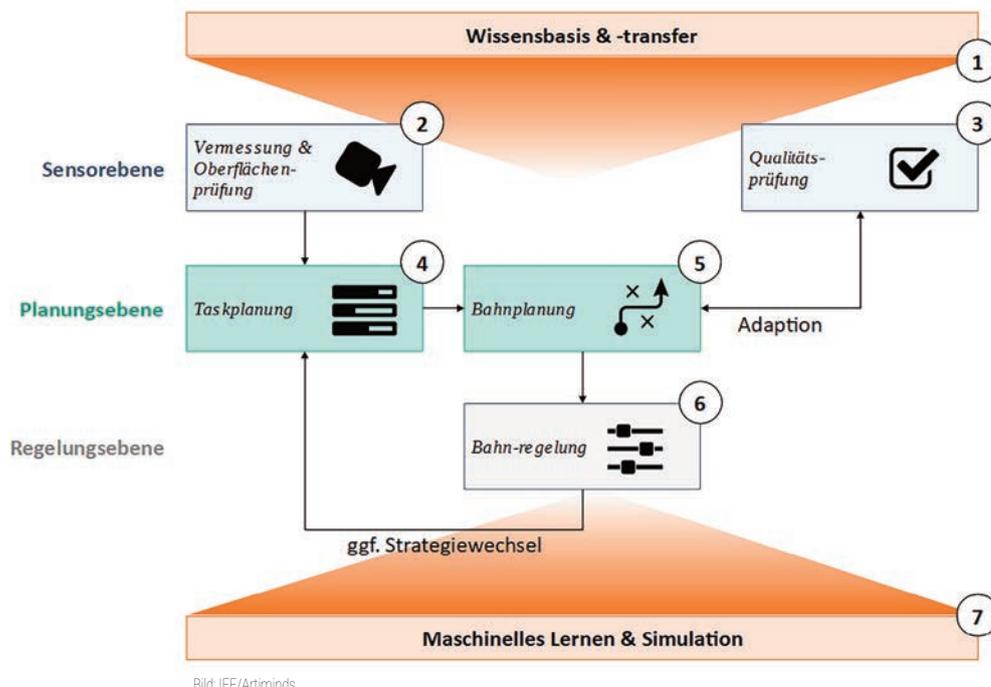


Bild: IFF/Artiminds

Die Wiederaufbereitung von verschlissenen Geräten und Teilen leistet einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit. Die Refabrikation, etwa von Windradrotoren, Getriebezahnrädern, Batteriezellen oder Wasserstofftanks, minimiert die Umweltbelastung. Im Vergleich zur Neuproduktion sind weniger Rohstoffe und energieintensive Bearbeitungsschritte notwendig und zusätzlicher Materialtransport wird vermieden. Der Verschleiß wirkt sich hauptsächlich auf Form oder Oberflächeneigenschaften aus und die Refabrikation ist bisher mit hohem Arbeitsaufwand verbunden. Auch bei einem robo-

terbasierten Bearbeitungsverfahren ist mit dem derzeitigen Stand der Technik oft eine manuelle Adaption des Roboterprogramms notwendig.

Komponenten aufbereiten

Um Rotorblätter von Windkraftanlagen wieder aufzubereiten, werden diese geschliffen und poliert. Dies reduziert den Luftwiderstand und erhöht den Wirkungsgrad. Bei der Herstellung und Refabrikation von Zahnrädern entsteht durch vorgelagerte Prozesse ein Sekundärgrat. Das Entgraten von Zahnrädern sorgt dafür, dass während des Betriebs keine

Störungen oder Beschädigungen entstehen. Durch Schleifen und Polieren von Bipolarplatten bei Brennstoffzellen entsteht nach einer Überarbeitung wieder die optimale Leitfähigkeit. All diese Arbeiten erfolgen manuell. Und für die motorisch anspruchsvollen Tätigkeiten, bei denen darüber hinaus oft krebserregende Stäube entstehen, fällt es Unternehmen zunehmend schwer, Personal zu rekrutieren. Robotik soll diese Defizite überwinden.

Die Lösung

RoboGrind erweitert softwarebasierte Perzeptions-, Taskplanungs- und Bahnpla-

nungslösungen mit maschinellem Lernen (ML). So sollen etwa Regelungen beim Abtragschleifen durch Roboter unterstützt werden. Zudem ermöglicht RoboGrind den Einsatz von Leichtbaurobotern anstelle von Spezialgeräten. Das Projektteam besteht aus industriellen und akademischen Partnern. Die beteiligten sind das Institut für Industrielle Fertigung und die Fabrikbetrieb IFF der Universität Stuttgart, DHBW Karlsruhe, die SHL AG sowie ArtiMinds Robotics. „In der Produktion ist immens viel Expertenwissen vorhanden. Es macht keinen Sinn, in langwierigen Prozessen und mit enormem Rechen- und Datenaufwand Dinge zu lernen, die Werker und Prozessexperten schon längst wissen. Das können wir dem System auch einfach direkt sagen.“, erklärt Dr. Darko Katic, der das Projekt seitens ArtiMinds betreut. Die zentralen Module von RoboGrind (siehe Grafik) sind:

Wissensbasis und -transfer (1): Um die technologischen Hürden bei der Refabrikation mit maschinellem Lernen zu überwinden, setzt das Vorhaben auf eine Kombination aus Expertenwissen und maschinellen Lernverfahren. Expertenwissen soll als Domänen-, Prozess- und Roboterexpertise in Form einer Ontologie digitalisiert werden. Dies soll durch sogenannte Reasoning-Lösungen die Ableitung von Fakten aus Vorwissen ermöglichen. So werden die für das Training benötigten Datenmengen reduziert.

Vermessung, Oberflächenprüfung (2) und Qualitätsprüfung (3): Für die Vermessung und Analyse der Unterschiede zum CAD-Modell wird ein robotergestütztes 3D-Messsystem eingesetzt. Die 3D-Modellierung soll auf Basis von Superquadriken erfolgen, was die Darstellung gekrümmter Oberflächen verbessert.

Taskplanung (4): Mittels des 3D-Modells der Oberfläche, das in eine Simulation integriert wird, übernimmt das Hybrid Machine Learning Framework (HLMF) die Taskplanung. Dabei kommen ML-Techniken wie Deep Learning oder Deep Reinforcement Learning zum Einsatz. Zudem soll das HLMF um eine hierarchische RL-Komponente erweitert werden, die das symbolische Planen der Tasks und die sub-symbolische Parametrierung der Tasks erlaubt.



Bild: ©murmakoval/stock.adobe.com

Ein solches, integriertes System mit KI für die Oberflächenbearbeitung gibt nach Kenntnisstand der Autorin auch außerhalb der Anwendungsdomäne Refabrikation bisher nicht.

Bahnplanung (5) und Bahnregler (6):

Für die adaptive Bahnplanung soll das ArtiMinds Robot Task Model (ARTM) um Tasks für das Schleifen, Polieren und Entgraten erweitert werden. Um einen Regler für die Oberflächenbearbeitung zu entwickeln, werden modellprädiktive Regelungsverfahren in Kombination mit ML-Methoden eingesetzt. Das sogenannte hybride ML kombiniert Machine Learning mit Regeln, Gesetzmäßigkeiten oder physikalischen Modellen. Für die Detektion und Klassifikation unerwarteter Ereignisse sowie für die kontextabhängige Ableitung von Reaktionsstrategien sollen ebenfalls ML-Methoden und insbesondere neuronale Netze eingesetzt werden. Um bei der Einregelung von Roboterbahnen die Reaktionsgeschwindigkeit und Regelgüte zu steigern, sollen Ansätze der hybriden Kraft-, Positions- und visueller Regelung um Machine Learning erweitert werden.

Das Verfahren wird in zunächst per **Simulation (7)** entwickelt und getestet. Die Software soll so Aufgaben bzw. Tasks erlernen. Im Idealfall werden keine physischen Robotersysteme benötigt.

Schnittstellen entwickeln

Die jeweiligen Lösungen sollen zu einem Gesamtsystem für die Oberflächenbearbeitung integriert werden. Zu diesem Zweck will das Projektteam bei der Entwicklung Schnittstellen für die Interaktion zwischen den Komponenten zu spezifizieren und umzusetzen. Und damit auch Beschäftigte mit wenig oder

keiner Erfahrung mit Industrierobotern, das System bedienen und konfigurieren können, ist ein möglichst intuitives Bedienkonzept ein weiteres Ziel.

Flexibilität durch KI

Kern des Projekts ist die Ausgestaltung des Informationsverarbeitungssystems für die flexible Aufgaben- und Bewegungsberechnung von Robotern. Das Bearbeitungssystem führt dabei die Auswertung der Oberflächenvermessung, die Klassifikation von Verschleiß an der Komponente, die übergeordnete Arbeitsplanung und die feingranulare vorausschauende Bewegungsplanung mittels KI sowie die abschließende Sichtprüfung auf neuartige Weise zusammen. Die KI stützt sich auf zwei Säulen: die maschinelle Nutzbarmachung von Expertenwissen und maschinelles Lernen. So kann das System auf neue, unbekannte Zustände reagieren. „Aufgrund der enormen Variantenvielfalt ist der Einsatz von KI bei der Planung derartiger Prozessschritte unabdingbar“, so IFF-Projektleiter Prof. Dr. Marco Huber. „Neuartige künstliche Intelligenz ist die Voraussetzung für eine wirtschaftliche Refabrikation, weil nur sie die nötige Flexibilität automatisierter Arbeitsschritte ermöglicht.“ ■

Die Autorin Dr. phil. Birgit Spaeth ist Pressesprecherin am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart (IFF).

www.iff.uni-stuttgart.de