Automatisiertes Auf- und Abhängen von Werkstücken – Effizienzsteigerung durch Robotik und KI

Einführung

Die Automatisierung industrieller Prozesse gewinnt zunehmend an Bedeutung, insbesondere in der Oberflächentechnik. Ein entscheidender Bestandteil dieser Entwicklung ist das automatisierte Auf- und Abhängen von Werkstücken, das beispielsweise in Lackier- und Galvanikprozessen eine zentrale Rolle spielt. Bisher sind diese Arbeitsschritte häufig manuell durchzuführen, was sie nicht nur zeitintensiv, sondern auch ergonomisch belastend macht. Zudem führt der hohe Personaleinsatz zu steigenden Kosten und möglichen Fehlerquellen, die sich negativ auf die Produktionsqualität auswirken. Moderne Roboterlösungen mit KI-gestützter Objekterkennung und adaptiven Greifstrategien bieten hier eine vielversprechende Alternative. Sie ermöglichen eine zuverlässige Handhabung unterschiedlicher Werkstücke und steigern die Effizienz und Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses.

1. Herausforderungen und Anforderungen an Automatisierungslösungen

Das automatisierte Auf- und Abhängen von Werkstücken ist technisch anspruchsvoll, da eine Vielzahl an Herausforderungen bewältigt werden muss. Die Bauteilvielfalt stellt eine der größten Hürden dar, da Werkstücke unterschiedliche Geometrien und Materialeigenschaften aufweisen. Eine starre Lösung, die nur auf eine begrenzte Anzahl von Werkstücken abgestimmt ist, wäre wirtschaftlich nicht tragfähig. Gleichzeitig müssen automatisierte Systeme mit kurzen Taktzeiten arbeiten, da industrielle Lackier- und Galvanikanlagen oft hohe Produktionsgeschwindigkeiten erfordern. Die präzise Positionierung der Werkstücke ist eine weitere Anforderung, da Abweichungen die Qualität des Beschichtungsprozesses beeinflussen können. Zusätzlich kommt es häufig vor, dass sich Werkstücke in Transportbehältern verhaken oder verkleben. Hierfür benötigt das System eine intelligente Strategie zur Vereinzelung der Teile, ohne den Produktionsfluss zu verlangsamen. Weitere Herausforderungen ergeben sich aus variierenden Umgebungsbedingungen. Verschmutzungen, Lackreste oder temperaturbedingte Materialveränderungen können dazu führen, dass Bauteile nicht exakt der CAD-Vorgabe entsprechen. Dies macht es erforderlich, dass die Automatisierungslösung flexibel auf Veränderungen reagiert und sich selbstständig anpasst. Um diese Probleme zu lösen, muss ein modernes Automatisierungssystem mehrere Fähigkeiten besitzen. Robotertechnik mit hoher Anpassungsfähigkeit ist essenziell, um Werkstücke mit unterschiedlichen Formen und Größen zuverlässig zu greifen. KI-gestützte Bildverarbeitung ermöglicht die Identifikation von Objekten auch in unübersichtlichen oder chaotischen Anordnungen. Adaptive Greifstrategien tragen dazu bei, dass verschiedene Werkstücke sicher gehandhabt werden können. Schließlich sind selbstlernende Algorithmen erforderlich, die in der Lage sind, Verhakungen und andere Schwierigkeiten eigenständig zu erkennen und zu lösen.

2. Technologische Lösungen und der Ansatz von bp3

Eine innovative Lösung für die genannten Herausforderungen bietet die vom Fraunhofer IPA entwickelte bp3-Software. Dabei handelt es sich um ein modulares Softwarepaket, das klassische heuristische Methoden mit modernen KI-gestützten Verfahren kombiniert. Die Technologie basiert auf einer Kombination aus 3D-Sensorik, automatischer Greifpunktplanung und intelligenten Bahnoptimierungen, die den gesamten Greifprozess effizienter gestalten. Die bp3-Software nutzt eine fortschrittliche Bildverarbeitung, die mit Hilfe von Tiefenkameras oder anderen 3D-Sensoren die Umgebung erfasst. Durch modellbasierte und modellfreie Lageschätzung können Werkstücke zuverlässig erkannt und präzise positioniert werden. Eine Segmentierungsfunktion ermöglicht zudem die Identifikation flacher oder schwer unterscheidbarer Objekte. Nach der Erkennung folgt die Berechnung optimaler Greifpunkte sowie die kollisionsfreie Bahnplanung des Roboters. Diese Prozesse laufen in Echtzeit ab und sorgen dafür, dass Werkstücke sicher entnommen und an der vorgesehenen Position abgelegt werden. Ein wesentlicher Vorteil des Systems ist die integrierte Verhakungserkennung. Mithilfe neuronaler Netze wird die Gefahr einer Fehlentnahme prognostiziert, sodass ineffiziente Greifversuche vermieden werden. Darüber hinaus simuliert die Software verschiedene Entnahmestrategien, um verhakte Werkstücke gezielt zu lösen. Dies ermöglicht eine deutlich höhere Prozesssicherheit und reduziert Produktionsstillstände. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die automatische Selbstkonfiguration. Mithilfe von Simulationen können neuronale Netze vorab trainiert werden, sodass der Zeitaufwand für die Einrichtung einer neuen Produktionslinie erheblich sinkt. Dies führt zu einer deutlichen Reduzierung der Einrichtungszeit und erhöht die Flexibilität des Systems.

4. Industrielle Anwendungsfälle und Vorteile

Die Automatisierung des Auf- und Abhängens von Werkstücken bietet erhebliche Vorteile für verschiedene industrielle Anwendungen, insbesondere in der Lackiertechnik und Galvanik. Einer der größten Vorteile liegt in der erhöhten Prozessstabilität. Durch standardisierte Abläufe und den Einsatz intelligenter Bilderkennung werden Fehlerquellen minimiert und eine gleichbleibend hohe Qualität sichergestellt. Darüber hinaus ermöglicht die Automatisierung eine signifikante Kostenreduktion. Der geringere Bedarf an manuellen Tätigkeiten führt zu einer Senkung der Personalkosten, während gleichzeitig die Produktionsgeschwindigkeit erhöht wird. Ergonomische Vorteile spielen ebenfalls eine wichtige Rolle, da körperlich belastende Tätigkeiten, wie das Heben und Einhängen schwerer Bauteile, reduziert oder vollständig automatisiert werden können. Ein weiteres entscheidendes Merkmal ist die hohe Flexibilität des Systems. Dank der selbstlernenden Algorithmen und adaptiven Greifstrategien kann die Automatisierungslösung schnell auf neue Werkstücktypen umgestellt werden, ohne dass eine aufwendige Neuprogrammierung erforderlich ist. Dies ist besonders vorteilhaft für Unternehmen, die eine hohe Produktvielfalt abdecken müssen und ihre Produktionslinien regelmäßig an neue Anforderungen anpassen müssen. Ein konkretes Anwendungsbeispiel ist die automatisierte Handhabung von Werkstücken mit komplexen Geometrien. Durch die Kombination aus KI-gestützter Objekterkennung und flexibler Greiftechnik konnten in einer realen Produktionsumgebung Werkstücke effizient vereinzelt und präzise in Racks positioniert werden. Dies führte nicht nur zu einer deutlichen Steigerung

der Produktionsgeschwindigkeit, sondern auch zu einer verbesserten Beschichtungsqualität.

4. Fazit

Die Automatisierung des Auf- und Abhängens von Werkstücken stellt eine zukunftsweisende Lösung für die Lackier- und Oberflächentechnik dar. Durch den Einsatz intelligenter Robotertechnik, KI-gestützter Bilderkennung und lernfähiger Softwarelösungen wie bp3 lassen sich manuelle Tätigkeiten effizient ersetzen. Die Kombination aus Simulation, adaptiven Greifstrategien und automatisierter Verhakungserkennung ermöglicht eine signifikante Effizienzsteigerung und Prozessoptimierung. Unternehmen, die auf diese Technologien setzen, profitieren langfristig von niedrigeren Kosten, stabileren Abläufen und einer verbesserten Produktqualität. Besonders in Branchen mit hohen Anforderungen an Präzision und Geschwindigkeit eröffnet die Automatisierung neue Potenziale zur Effizienzsteigerung und trägt dazu bei, Produktionsprozesse nachhaltig und wirtschaftlich zu optimieren.