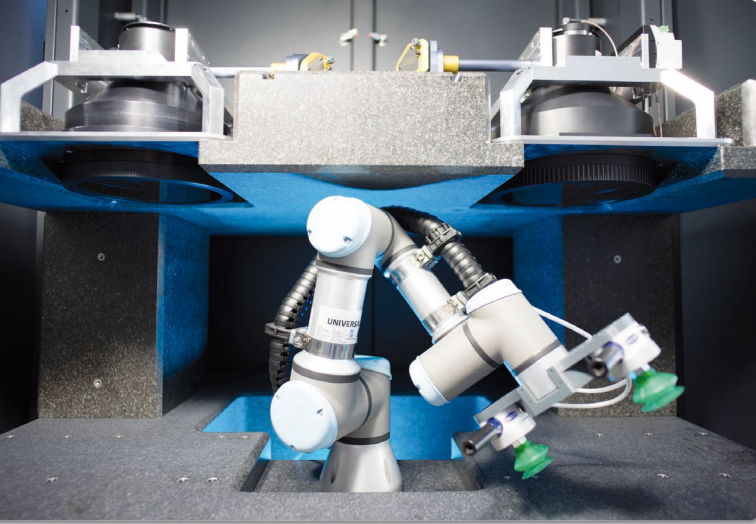


# Automatisierbarkeit von Laser-Prozessen

Präzision und Effizienz durch Automatisierung:

Ein Blick auf die Vorteile automatisierter Laser-Prozesse im Mikrobereich



**Kundenspezifische Anlage mit automatischen Werkstückmagazinen und einem integrierten UR-Roboter**

Dieser Text bietet einen tiefen Einblick in die Welt der automatisierten Laser-Materialbearbeitung, zeigt auf, wie sie die industrielle Fertigung transformiert, und unterstreicht, warum dieses Feld für jeden, der sich für die Zukunft der Fertigungstechnik interessiert, von großer Bedeutung ist.

## Mehr Effizienz, Präzision und Geschwindigkeit

Die Automatisierung hat die Fertigungsindustrie revolutioniert und die Effizienz, Präzision und Geschwindigkeit von Prozessen erheblich gesteigert. Die Laser-Materialbearbeitung mit kurzen und ultrakurzen Pulsen ist nach wie vor eine junge Industrie, die aber in den letzten Jahren erhebliche Entwicklungsschritte gemacht hat. Eines der Schlüsselthemen für die weitere und breite industrielle Umsetzung ist auch hier die Automatisierung.

Automatische Werkstückzuführung, Laser-Ausrichtung und Prozessüberwachung ermöglichen dabei eine nahtlose Produktion ohne menschliches Eingreifen. Intelligente Steuerungssysteme analysieren kontinuierlich Daten, um Echtzeitanpassungen vorzunehmen, was zu kürzeren Produktionszyklen, höherer Produktivität und geringeren Kosten führt. So können automatisierte Laser-Systeme rund um die Uhr ohne Unterbrechung arbeiten, was die Produktionsgeschwindigkeit erhöht. Obwohl die Anschaffungskosten für automatisierte Laser-Systeme hoch sein können, amortisieren sie sich daher meist schnell.

Automatisierte Prozesse versprechen nicht nur eine verbesserte Effizienz, sondern auch eine

höhere Präzision und Langzeitstabilität. Diese ist für die allermeisten Anwendungen gerade im hier adressierten Mikrobereich von entscheidender Bedeutung. Dazu werden unter anderem Sensoren und hochentwickelte Bildverarbeitungsalgorithmen eingesetzt, um eine präzise Positionierung und Ausrichtung sicherzustellen – sowohl bei der Einrichtung wie auch während des laufenden Betriebs.

Die präzisen Steuerungsmöglichkeiten durch automatisierte Systeme tragen dazu bei, den Ausschuss zu reduzieren. Durch die Minimierung von menschlichen Fehlern und die ständige Überwachung des Prozesses kann die Produktqualität verbessert und gleichzeitig der Materialverbrauch optimiert werden. Dies ist nicht nur wirtschaftlich sinnvoll, sondern trägt auch zur Reduzierung von Umweltauswirkungen bei. Die Fähigkeit, präzise Materialmengen zu steuern und den Energieverbrauch zu optimieren, wird so zu einem entscheidenden Faktor für eine nachhaltige Produktion. Schließlich verbessert die Automatisierung auch die Arbeitssicherheit, da die Notwendigkeit für menschliche Eingriffe gerade in gefährlichen Umgebungen reduziert wird.

## Automationsgrade von Laser-Prozessen: Das ist bereits möglich

Abhängig von der Fertigungsaufgabe sind verschiedene Level der Automation möglich, beginnend mit einfachen Aufgaben in der automatisierten Signalverarbeitung. In der Laser-Bearbeitung umfasst diese erste Stufe der Automation vorwiegend die Synchronisation der Bewegungssysteme mit der Laser-Strahlquelle. Insbesondere für den Einsatz dynamischer Scan-Systeme ist dies eine Grundvoraussetzung für eine präzise Bearbeitung.

Des Weiteren können auch Prozessabläufe, die neben Strahlquelle und Bewegungssystem die intelligente Ansteuerung aller Maschinenkomponenten wie Druck- und Abluft und der Messtechnik beinhaltet, automatisiert werden. Soft-

wareseitig können automatisiert die Bauteillage erkannt, Prozessparameter verändert oder die Laserleistung geregelt werden. Über integrierte Vision-Systeme mit Passmarkenerkennung richtet dann die Maschinensteuerung das Bauteil präzise aus, auch wenn Halbzeuge und Bauteile durch die manuelle Beladung mit Winkelfehlern positioniert worden sind und laterale Positionsabweichungen aufweisen.

Halbautomatische Laser-Maschinen werden in der Regel von den Maschinenbedienern be- und entladen und eignen sich häufig für den Einsatz als Fertigungszelle in der Einzelstück- und Kleinserienbearbeitung. Ihre Leistungsfähigkeit hängt dabei in hohem Maße vom Schulungsgrad der Maschinenbediener ab. Insbesondere für größere Stückzahlen ist eine überwiegend manuelle Fertigung Grundvoraussetzung zur Erreichung akzeptabler Fertigungskosten. Im Unterschied zur Einzelstückfertigung, bei der lediglich die Laser-Prozessführung automatisiert erfolgt, wird in der Serienfertigung das Bauteil automatisch positioniert und eine ganze Prozessfolge mit einem oder mehreren Werkzeugen und Messgeräten ausgelöst.

## Stand der Automationskonzepte für Laserprozesse

Abhängig von der Bauteilgeometrie sowie der notwendigen Bearbeitungszeit lassen sich verschiedene Automationskonzepte realisieren u.a. die Batch-Bearbeitung, der Einsatz von Roboterlösungen, Rolle-zu-Rolle-Vorschubsysteme sowie der Einsatz von Systemen zur Schüttgutbearbeitung oft in Zusammenarbeit mit Rundschalttischen.

## Batch-Fertigung mit präziser Bauteilpositionierung

In der Batch-Fertigung werden typischerweise Bauteile mit Prozesszeiten im Minutenbereich bearbeitet. Eine Batch-Fertigung ist sowohl für die Einzelteil- als auch die Halbzeugbearbeitung konzipiert. Einzelteile werden typischerweise in Serienspannvorrichtungen oder



Autor:  
Dr. Jens Holtkamp  
Co-Gründer und  
Geschäftsführer  
Pulsar Photonics GmbH  
[www.pulsar-photonics.de](http://www.pulsar-photonics.de)

Bauteilnestern positioniert, flache Halbzeuge vorzugsweise auf Unterdruckspannvorrichtungen fixiert. Je nach Maschinenformat und Sensorausstattung lassen sich 2D-Bauteile auf einem Bearbeitungsfeld bis ca. 500 x 500 mm<sup>2</sup> anordnen. Über die Maschinensteuerung können dann die einzelnen Bauteile erkannt und bei Bedarf vermessen werden wodurch auch die Bearbeitung höhenungleicher Bauteile in einer Aufspannung sowie eine individuelle Bauteil-Beschriftung und eine nachgelagerte topografische Vermessung möglich wird.

**Hochflexible Zuführsysteme mit Knickarmrobotern**

Hochflexible Zuführsysteme mit hoher Reichweite und mehrdimensionalem Bewegungsraum können mithilfe von Knickarmrobotern realisiert werden. Dabei sinkt die Nebenzeit zur Bauteilpositionierung in den einstelligen Sekundenbereich womit das Produktionsspektrum für einen mittleren Durchsatz von mehreren 100 bis 10.000 Stück pro Woche abgedeckt werden kann.

Der Markt bietet inzwischen ein breites Portfolio an Sensoren und Endeffektoren, das hochauflösende Kraftmessdosen, Parallel- und Fin-

gergreifer, Vakuumendeffektoren und integrierte Kamerasysteme umfasst. Maschinen sind so sowohl für die Integration von Mehrachsrobotern im Arbeitsraum oder alternativ für dessen Adaption an externe Be- und Entladesysteme gerüstet.

**Rolle-zu-Rolle-Bearbeitung für elastische Materialien**

In Kombination mit Robotern oder Achssystemen wie auch als alleiniges mechanisches Bewegungssystem gibt es auch Anwendungen für die Rolle zu Rolle Bearbeitung z.B. für die Bearbeitung von Folien. Das häufig elastische Materialverhalten bei der Aufbringung von Zugkräften kann hierbei zu Verzerrungen und Strukturabweichungen im Bereich mehrerer zehn bis hundert Mikrometer führen. Um dennoch reproduzierbare Prozesse und die verzerrungsfreie Bearbeitung größerer Bauteilflächen realisieren zu können, können zweidimensionale Verzerrungen und Vorschubfehler durch Passmarkenerkennung kompensiert werden.

**Schüttgutbearbeitung mit Rundschalttischen**

Für die Bearbeitung von kleinen Bauteilen, die als Schüttgut trans-



**Robotergestützte Bauteilzuführung in einem Dual-Head-Aufbau als Konfigurationsbeispiel bei Pulsar Photonics**

portiert werden dürfen, können Systeme aufgebaut werden, die mit Rüttelförderern die Bauteile auf einer Staustrecke positionieren und anschließend in einen Rundschalttisch fixieren können. Dieser ermöglicht dann verschiedene Prozessschritte, wie das Prüfen der Bauteilgröße, die lasertechnische Bearbeitung und auch die anschließende Qualifizierung. Dadurch ist eine IO-Beurteilung möglich, sodass fehlerhafte Bauteile direkt aus dem System geführt werden können.

Das können wir bei der Automatisierung von Laserprozessen in naher Zukunft erwarten

Die Automatisierung in der Laser-Materialbearbeitung verspricht eine spannende Zukunft für die Fertigungsindustrie. Die Kombination von Präzision, Flexibilität und Effizienz ermöglicht es Herstellern, wettbewerbsfähig zu bleiben und gleichzeitig innovative Lösungen anzubieten. Die Integration von Automatisierungstechnologien erfordert jedoch auch Anpassungen in der Ausbildung und Qualifizierung von Arbeitskräften, um die volle Bandbreite der Vorteile nutzen zu können.

Zu den Trends und Entwicklungen, die wir in den kommenden Jahren erwarten können gehört die Integration von KI-Algorithmen, wodurch es automatisierten Laser-Systemen möglich wird, noch besser Muster zu erkennen, Anpassungen vorzunehmen und sich kontinuierlich zu verbessern, um noch präzisere Ergebnisse zu erzielen. Fortschritte in der Sensorik und Bildverarbeitungstechnologie werden die Fähigkeit automatisierter Laser-

Systeme zur Echtzeiterkennung von Materialien und Geometrien weiter verbessern. In der Laser-Materialbearbeitung steht die Automatisierung zweifellos im Mittelpunkt der zukünftigen Entwicklungen. Unternehmen, die in diese Technologie investieren und ihre Fertigungsprozesse optimieren, werden in der Lage sein, die Herausforderungen des sich ständig verändernden globalen Marktes erfolgreich zu bewältigen und gleichzeitig höchste Qualitätsstandards zu erfüllen.

**Fazit**

Der Laser als berührungsloses und insbesondere rein digitales Werkzeug bietet eine hervorragende Grundlage, um optimierte oder situationsbedingte Anpassungen in der Bearbeitung zu realisieren. FPGA basierte Systeme, die eine Echtzeitverarbeitung von Sensordaten ermöglichen und maßgeschneiderte Lösungsansätze wie eine adaptive Bahnplanung zu Unregelmäßigkeiten im Bearbeitungsprozess bieten sind aktueller Forschungsgegenstand und zeigen wie greifbar diese disruptiven technologischen Ansätze bereits heute sind.

**Wer schreibt:**

Dr. Jens Holtkamp ist einer der drei Gründer und Geschäftsführer von Pulsar Photonics. Nach dem Studium an der RWTH Aachen arbeitete er zehn Jahre am Fraunhofer ILT und leitete dort den Bereich der UKP-Laser-Materialbearbeitung. 2013 gründete er zusammen mit Dr. Stephan Eifel und Dr. Joachim Ryll die Pulsar Photonics GmbH. ◀

**Laser-Anlagenbau für die Materialbearbeitung**

Pulsar Photonics produziert schlüsselfertige Produktionsmaschinen für die Laser-Mikrobearbeitung sowie RDX-Laser-Maschinen für Applikationsentwicklung und Kleinserienfertigung. Typische Einsatzgebiete der Maschinen sind:

- Laser-Mikrobohren (Keramik, Metalle, Kunststoffe, Glas)
- Laser-Mikrostrukturierung (Werkzeuge, Dünnschichtbearbeitung)
- Laser-Feinschneiden (Keramik, Kunststoffe, dünne Metallfolien)
- Laser-Mikroschweißen
- Funktionalisierung von Oberflächen.

Beispiele für die vielfältigen Anwendungsgebiete finden Sie hier: [www.pulsar-photonics.de/anwendungsgebiete/](http://www.pulsar-photonics.de/anwendungsgebiete/)

Die Produktionsmaschinen überzeugen mit hohem Durchsatz und cleverer Prozesstechnik. Die selbst entwickelte RDX-Maschinenplattform setzt seit 2016 immer wieder neue Maßstäbe, wenn es z.B. um den Einsatz von Hochleistungsstrahlquellen für die Materialbearbeitung mit Ultrakurzpulslasern geht oder um die Integration von Strahlformungssystemen.

Sind Fertigungsaufgabe bereits definiert, dann ist die Rubrik „Produktionsmaschinen“ das Ziel, möchte man die Grenzen der Mikrobearbeitung verschieben und eigene Entwicklungen forcieren, dann sind RDX500 oder RDX800 richtig. Eine kompakte Anlage für die Faserlaser-Bearbeitung ist die RDX2FIBER.