

Selbstoptimierende Montage von Lasern unter Berücksichtigung von Bauteiltoleranzen

Martin Holters*, Peter Loosen* **

*Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme, RWTH Aachen

**Fraunhofer-Institut für Lasertechnik

martin.holters@ilt.fraunhofer.de

In diesem Paper wird eine Möglichkeit aufgezeigt, Laser vollautomatisch und hoch flexibel zu montieren, sodass auch bei kleinen Losgrößen Laser wirtschaftlich fertigbar sind.

1 Einführung

Im Bereich mikrooptischer Systeme für Laseranwendungen gibt es heutzutage zunehmend kundenspezifische Anforderungen bei gleichzeitig kleinen Stückzahlen von 1 – 1000. Diese Variantenvielfalt führt zu dem herrschenden hohen Grad an manuellen Vorgängen in der Montage, sodass die Montage mit einem Beitrag zur Wertschöpfung von oftmals über 80% ein wesentlicher Kostentreiber ist [1].

Vereinzel werden auch Automatisierungslösungen eingesetzt, wobei starr automatisierte Anlagenkonzepte nur für Großserien wirtschaftlich sind. Die starre Automatisierung resultiert zum Teil aus dem vorherrschenden imperativen Programmierparadigma bei der Entwicklung der Steuerungsoftware. In der heutigen Steuerungstechnik wird der Montageablauf mit sämtlichen Entscheidungssituationen bezüglich notwendiger Handhabungs-, Justage- und Fügeoperationen während der Steuerungsentwicklung manuell definiert und fest einprogrammiert. Eine Variation des Produktes, auch bereits eine Skalierung desselben, führt in der Regel zu einem Eingriff in die Hardware und zu einer aufwendigen Modifikation der in der Software vorgegebenen komplexen Entscheidungssituationen.

2 Ziel: Vollautomatische, flexible Montage von Lasern unter Berücksichtigung von Bauteiltoleranzen

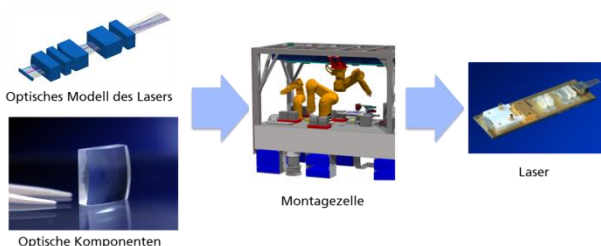


Abb. 1 Das Ziel der Entwicklung: vollautomatische und flexible Montage.

Das Ziel der hier vorgestellten Vorgehensweise ist die vollautomatische und flexible Montage von Lasern am Beispiel eines Slablasers [2] zu ermöglichen. Hierbei soll das Montage-System evtl. Toleranzen der zur Verfügung stehenden Bauteile selbstständig ausgleichen. Des Weiteren soll das System hoch flexibel sein, sodass bei geringen Rüstzeiten verschiedene Systeme montiert werden können. Hierdurch soll die ebenfalls zwingend notwendige Wirtschaftlichkeit des Montage-Systems gewährleistet werden. In dem Endaufbau sollen, wie in Abbildung 1 dargestellt, dem Montage-System lediglich ein optisches Modell sowie die für das Produkt notwendigen optischen Komponenten bereitgestellt werden. Das Montage-System soll dann vollautomatisch den Laser montieren.

3 Übergreifende Vorgehensweise: Modellbasierte Montage

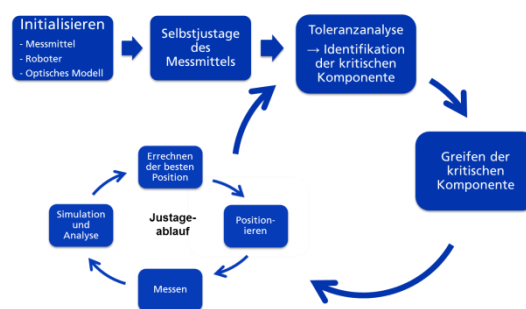


Abb. 2 Übergreifende Vorgehensweise zur vollautomatisierten Montage von Lasern.

In Abbildung 2 ist die übergreifende Vorgehensweise dargestellt. Die Montage beginnt mit dem Initialisieren. Hier stellt das Montage-System lediglich fest, ob alle benötigten Ressourcen hardwareseitig in Form vom Messmittel, Roboter etc. zur Verfügung stehen und um welche Hardware es sich handelt. Ebenso wird hier überprüft, ob die notwendigen optischen Komponenten sowie das optische Modell des Lasers vorhanden sind.

Im nächsten Schritt wird das Messmittel justiert. Dies geschieht durch eine Kopplung des Messmittels an das optische Modell. Hierdurch soll sowohl im Montagesystem als auch im Modell ein definierter Zustand erreicht werden, welcher es ermöglicht, Messdaten aus dem Montagesystem im optischen Modell abzubilden. Ein Schritt zu diesem Zustand ist die selbstoptimierte Sensorkalibration, um das Messmittel selbst hinsichtlich des Pumpstrahls zu positionieren.

Mit diesem vollständig vorbereiteten Montage-System kann der eigentliche Montageprozess beginnen. Hierzu führt das System zunächst im optischen Modell eine Toleranzanalyse durch. Bei dieser Analyse verwendet das System die jeweiligen vom Hersteller mitgelieferten Bauteiltoleranzen, soweit diese vorhanden sind. Zudem werden Standardwerte für die Toleranzanalyse verwendet. Die Toleranzanalyse liefert eine sortierte Liste aller optischen Komponenten. Hierbei ist die Liste absteigend nach den Komponenten mit dem größten Einfluss auf das optische Endsystem hinsichtlich Dejustage und Bauteiltoleranz sortiert. Anschließend wird beginnend mit der ersten Komponente überprüft, ob, wenn die Komponente positioniert wird, noch alle Lichtstrahlen die Komponente passieren und ob noch ein messbares Signal für das Messmittel besteht. Außerdem wird überprüft, ob die Komponente noch nicht positioniert wurde, da dieser Schritt während der Montage wiederholt wird. Die optische Komponente, welche alle Bedingungen erfüllt und in der Liste der Toleranzanalyse am weitesten oben steht, ist die kritische Komponente und wird vom Montagesystem gegriffen.

Im darauf folgenden Justageablauf wird die aktuell gegriffene Komponente zuerst gemäß dem optischen Modell positioniert. Anschließend wird eine Messung durchgeführt, welche mit dem Modell abgeglichen wird. Das optische Modell des Lasers reproduziert die durchgeführte Messung, indem alle noch nicht im System befindlichen optischen Komponenten aus dem Modell entfernt werden und das Modell auf den aktuellen Zustand „optimiert“ wird. Dabei werden die Bewegungsfreiheitsgrade für die aktuell gegriffene Komponente im Modell freigegeben, sodass das Modell die durchgeführte Messung durch Bewegung dieser Komponente reproduzieren kann. Durch einen Vergleich der Positionierung der aktuell gegriffenen Komponente im reproduzierten System mit der Positionierung im vorgegebenen optischen Modell wird ein Unterschied in der Positionierung bestimmt und kann durch eine Repositionierung der gegriffenen Komponente im realen System ausgeglichen werden. Dieser Justageablauf wird iteriert bis der Unterschied von Ist- und nominellem Sollwert hinreichend gering ist und die Komponente gefügt werden kann. Im Idealfall ist dieser Ablauf

genau einmal zu durchlaufen und anschließend mit der nächsten Komponente durchzuführen.

Durch die Strategie, die Komponenten hinsichtlich ihres Einflusses auf das Gesamtsystem zu sortieren und der Reihe nach zu montieren, können Fehler, welche beim Positionieren einer Komponente gemacht werden, durch die folgende ausgeglichen werden. Lediglich die letzte montierte Komponente kann nicht kompensiert werden, welche allerdings aufgrund der Strategie am unempfindlichsten hinsichtlich Dejustage ist.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Paper wird eine übergreifende Vorgehensweise vorgestellt, welche es ermöglicht, optische Systeme, hier Laser, flexibel und vollautomatisch zu montieren. Hierdurch können auftretende Bauteiltoleranzen durch die gewählte Justagestrategie theoretisch auf ein Minimum kompensiert werden.

In weiteren Arbeiten soll die vorgestellte Vorgehensweise auf einem Montage-System erprobt und validiert werden. Hierbei sollen insbesondere die Einbindung der Messsysteme in das Gesamtsystem verbessert sowie die Auswertung der Messdaten weiterentwickelt werden. Des Weiteren sollen in Zukunft neben Raytracing-Programmen wie Zemax auch Programme zur Wellenoptische Simulation wie VirtualLab in das System eingebunden werden.

5 Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG für die Unterstützung im Rahmen des Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechniken für Hochlohnländer“ an der RWTH Aachen.

Literatur

- [1] R. Schmitt, A. Pavim, C. Brecher, N. Pyschny, P. Loosen, M. Funck, J. Dolkemeyer, V. Morasch: „Flexibel automatisierte Montage von Festkörperlasern“ in: *wt Werkstatttechnik online* **98**(11/12), 955-960 (2008)
- [2] C. Schnitzler, „*Slablaser hoher Brillanz für den Einsatz in der Mikro- und Makro-Materialbearbeitung*“, (Shaker Verlag 2004)