

## Abstract zur Dissertation:

“ Untersuchungen zu automatisierten Montageprozessen hybrider mikrooptischer Systeme“ von Dipl.-Ing. Torsten Scheller

Da geeignete Montageprozesse zur Fertigung hybrider mikrooptischer Systeme z.Z. fehlen, beschäftigt sich diese Arbeit mit der Entwicklung geeigneter Prozesse für diese Aufgabe. Schwerpunkt der Untersuchungen ist dabei die Lösung der Forderung nach Fügegenauigkeit und –reproduzierbarkeit bei steigenden Stückzahlen und gleichzeitiger Miniaturisierung der Komponenten. Die Forderungen an die Fügegenauigkeiten werden in der Mikrooptik durch das optische Design der Optikbaugruppe vorgegeben. Um die Realisierbarkeit der Genauigkeitsforderungen abschätzen zu können, sind alle Abweichungen zu erfassen. Diese Untersuchungen wurden an einem beispielhaften Demonstratorsystem durchgeführt. Für die Fehlerbetrachtung ist grundsätzlich eine Unterscheidung zwischen zufälligen und systematischen Fehlergrößen vorzunehmen, um den Betrag und die Orientierung der Abweichungen für die Berechnungen bestimmen zu können. Zusätzlich werden die Einflussgrößen des Montageprozesses nach Messfehlern oder Fertigungsabweichungen unterschieden. Beide lassen sich durch eine Reihenentwicklung nach Taylor beschreiben und additiv zu einer Gesamtabweichung zusammenfassen. Die Montage mikrooptischer Systemkomponenten kann entweder über einen unregelmäßigen Montageprozess oder über Montageprozesse mit Justieranordnungen (Regelung anhand äußerer Merkmale bzw. der optischen Funktion) durchgeführt werden. Diese Verfahren weisen Unterschiede bzgl. der Integration in die Montageumgebung, der benötigten Peripherie und der theoretisch erreichbaren Fügegenauigkeiten auf. Zur Charakterisierung dieser Montageprozesse wurde für jedes Montageprinzip eine geeignete Montageumgebung entwickelt und experimentell umgesetzt:

1. Eine Fügevorrichtung zur Realisierung des unregelmäßigen Montageprozesses, in der die Fügekomponenten über definierte Anschläge zueinander ausgerichtet werden.
2. Eine Justieranordnung mit zwei hochgenauen, telezentrischen Kameras, die eine dreidimensionale Justierung der Komponenten anhand äußerer Merkmale ermöglicht.
3. Eine Justieranordnung, die eine Justierung der Komponenten anhand der optischen Funktion realisiert.

Neben der theoretischen Betrachtung der zu erwartenden Fügeabweichungen wurden für die verschiedenen Montageprozesse experimentelle Untersuchungen durchgeführt und bzgl. der Funktion und der Fügequalität ausgewertet. Hieraus ergeben sich folgende Fügeabweichungen:

- $\pm 8\mu\text{m}$  beim Einsatz der Fügevorrichtung
- $\pm 4\mu\text{m}$  bei der Justierung anhand äußerer Merkmale
- $\pm 2,5\mu\text{m}$  bei der Justierung anhand der optischen Funktion

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen aber, dass alle Verfahren für Aufgaben der Mikrooptikmontage geeignet sind. Die jeweiligen Einsatzbereiche sind primär von den geforderten Genauigkeiten der Aufgabe, der Montageumgebung und den Kosten der Prozessaufbauten abhängig und teilen sich wie folgt auf:

- Wegen der geringen Gerätekosten sind Montageprozesse mit Fügevorrichtungen geeignet für Genauigkeitsforderungen größer  $\pm 10\mu\text{m}$ , insbesondere für manuelle Fertigungsprozesse und einfache automatisierte Montageprozesse.
- Bei Verwendung einer Justieranordnung sind aufgrund höherer Fügegenauigkeiten auch Aufgabenstellungen im Bereich  $< 10\mu\text{m}$  realisierbar. Hier wurden je nach Justieranordnung Genauigkeiten von  $\pm 2\mu\text{m}$  bis  $\pm 4\mu\text{m}$  pro Fügeschritt erreicht. Diese Genauigkeiten sind bei Aufgabenstellungen, die empfindlichere Justieranordnungen zulassen, weiter reduzierbar.

Die Ergebnisse dieser Arbeit bieten eine Grundlage für weitergehende Untersuchungen auf dem Gebiet der automatisierten Mikrooptikmontage. Hier sind insbesondere Untersuchungen hinsichtlich der Verbindung monolithischer und hybrider Komponenten zu modular aufgebauten Mikrosystemen nötig. Ziel dieser Untersuchungen muss es sein, montagegerechte, preisgünstige Baukastenmodule für die Mikrooptik sowie die Mikrosystemtechnik zu entwickeln und so das Potenzial dieser Technologien für den industriellen Einsatz zu erhöhen.