

# Simulationsstudie:

## Regelung eines Laserablenkspiegels

Projektarbeit zur Vorlesung Simulationstechniken  
SS 2013

Fakultät 06  
Fakultät für angewandte Wissenschaften und Mechatronik  
der Hochschule München

*vorgelegt von*

**Michael Jost**  
**Sebastian Schleich**

München, Juli 2013

Simulationsstudie eingereicht am: .....

Prüfer:

Prof. Dr. Rainer Froriep  
Prof. Dr. rer. nat. Alfred Kersch



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2. Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>3. Mathematische Modellbildung</b>	<b>5</b>
<b>4. Programmentwicklung</b>	<b>7</b>
<b>5. Simulationsdurchführung</b>	<b>9</b>
<b>6. Diskussion</b>	<b>11</b>
<b>7. Zusammenfassung</b>	<b>13</b>
<b>A. Anhänge</b>	<b>15</b>
A.1. Anhaenge . . . . .	15
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>17</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>19</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>21</b>
<b>Danksagung</b>	<b>23</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>25</b>



# 1. Einführung

Bei der Bearbeitung von z.B. Wafern (z.B. Lasertrimmen von Widerständen), Glas (z.B. Brille) oder Masken für die Lithographie, wird ein Laserstrahl in der Fokusebene durch 2 Spiegel, einer für die X- und einer für die Y-Richtung, abgelenkt. Die Spiegel sind auf einer Welle montiert, die über einen Motor bewegt wird. Durch diese Anordnung lassen sich Beschriftungen in 2 Dimensionen ausführen. Wobei eine Fokusebene durch Werte gleicher Intensität und gleicher Strahldurchmesser festgelegt ist. Aber auch in der Medizin, beim Laserstrahlschweißen, in der Raumfahrt, beim Militär und in Barcode Scannern finden Spiegelmotoren Verwendung. Es gibt verschiedene Größen der Spiegel und der entsprechenden Motoren. Aber nicht nur die Größe der Spiegel und der Motoren unterscheiden sich, sondern auch in der erreichbaren bzw. geforderten Geschwindigkeit und Genauigkeit unterscheiden sich die verschiedenen Ausführungen.

Wird ein Laserstrahl durch zwei Spiegel abgelenkt, so ist die Fokusebene auf eine kleine Fläche beschränkt. Sollen größere Flächen mit dem Laser bearbeitet werden, so müssen die Anlagen verändert werden.

—> Bilder einfügen <—

Es werden zwei Lösungsansätze vorgestellt.

Der Laserstrahl ist fest nach unten gerichtet und zwei entsprechend große Motoren bewegen entweder den ganzen Laser über das Werkstück, oder das zu beschriftende Objekt wird in X- und Y-Richtung durch die zwei großen Motoren bewegt. Diese Möglichkeit bringt allerdings einige Nachteile mit sich. Zum einen ist die Geschwindigkeit und Genauigkeit von großen Motoren eingeschränkt. Zum anderen kann es die Lebensdauer eines Lasers negativ beeinflussen, wenn er ständig Beschleunigt und Abgebremst wird und so entsprechenden Kräften die an ihm rütteln ausgesetzt ist. Diese Lösung ist für sehr feine bzw. kleine Strukturen und aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu empfehlen. Der zweite Lösungsansatz sieht einen fest eingebauten Laser vor, dessen Laserstrahl nur in einer Richtung abgelenkt wird. Durch die Auslenkung des Laserstrahls in nur einer Richtung, ergibt sich keine Fokusebene sondern eine Fokuslinie. Bewegt sich nun das zu beschriftende Werkstück quer zu der Fokuslinie, kann eine große Fokusebene beschriftet werden.

—> verändertes Bild vom Vortrag einfügen <—

Es muss dabei sichergestellt sein, dass der Vorschub des Werkstücks auf die Einstellgeschwindigkeit der Spiegelverstellung und somit auf die Beschriftung in der Fokuslinie abgestimmt ist. Durch eine entsprechende Anordnung können so Werkstücke größeren Ausmaßes beschriftet werden. Die Bearbeitung von Solarpanels oder Werbebeschriftungen auf

Folien können so realisiert werden.

In den Bildern ??? bis ??? ist eine Fertigungsstraße für Solarpanels der Firma Manz AG dargestellt. —> Bilder von Manz einfügen <—

Gegenstand dieser Simulationsstudie ist die Regelung eines Motors zur Ablenkung eines Laserstrahls an einem Spiegel.

Es sollen verschiedene Winkel eingestellt werden, wobei die größte Winkeländerung  $20^\circ$  betragen soll. Die größte Winkeländerung soll mit einer Einstellzeit von 1ms und mit einer Regelgenauigkeit von  $1e-3^\circ$  erreicht werden.

Der Spiegel ist auf der Welle eines Gleichstrommotors befestigt. Da Gleichstrommotoren auf eine Drehgeschwindigkeit und nicht auf einen festen Winkel geregelt werden, ergibt sich hier eine neue Aufgabenstellung. Die Regelung umfasst folgende Bereiche: - Elektronische Steuerung des Motors - Mechanische Umsetzung der elektrischen Steuersignale in Drehbewegungen - Aufnehmen der aktuellen Winkelposition um eine Regelung aufbauen zu können

Das Aufnehmen der Winkelposition ist von großer Wichtigkeit. In dieser Simulationsstudie lässt sich die Winkelposition in Simulink direkt ablesen. Wird aber ein reales Bauteil angeschlossen, weichen dessen Parameter von denen der Simulationsstudie ab. Aufgrund dieser Abweichung lässt sich die Winkelposition nicht mehr direkt ablesen, sondern muss am Bauteil selbst gemessen werden. Ohne eine genaue Winkelzuordnung ist eine Regelung aber nicht möglich. Aus diesen Gründen wird in Kap. ??? intensiver auf die Sensoren eingegangen und es werden verschiedene Sensoren vorgestellt.

## 2. Aufgabenstellung

Um größere Flächen eines Werkstücks mit dem Laser zu bearbeiten, soll ein Laserstrahl von einem fest eingebauten Laser mit einem Spiegel abgelenkt werden. Es entsteht so eine Fokuslinie in der das Werkstück beschriftet werden kann. Durch einen Vorschub des Werkstückes kann so eine große Fläche beschriftet werden.

Die Ablenkung des Laserstrahls erfolgt durch einen Gleichstrommotor, auf dessen Welle ein Spiegel montiert ist.

In dieser Simulationsstudie soll untersucht werden, ob es möglich ist eine Regelung aufzubauen, die einen Laserablenkspiegel, der von einem Gleichstrommotor bewegt wird, auf eine bestimmte Winkelpositionen zu bewegen und in entsprechenden Regeldifferenzen zu halten. Es werden folgende willkürlich gewählten Leistungsmerkmale vorgegeben:

- Verstellung des Spiegels aus der Ruhelage (Mitte) um  $\pm 10^\circ$ . *Wo die Ruhelage des Spiegels den Laserstrahl um einen maximalen Winkelbereich von 20 abzufahren, darf die Regelung nicht länger als 1 ms benötigen. – Der einzustellende Winkel soll mit einer Genauigkeit von 1e–3 erreicht und gehalten werden.*

In dieser Simulationsstudie wird vorausgesetzt, dass der Abstand des Lasers zum Werkstück keine Rolle spielt. Zudem wird der Fokus des Laserstrahls über den zu regelnden Winkelbereich als konstant angenommen. Der aufeinander abgestimmte Vorschub des Werkstückes und abfahren der Fokuslinie des Lasers wird hier nicht betrachtet, da nur die Ablenkung des Laserstrahls im Zentrum der Studie steht. Ein in der Realität beobachtbarer an- und abstieg der Laserleistung beim an- und abschalten des Lasersstrahls wird hier vernachlässigt.

Die Simulationsstudie deckt folgende Themen ab: - Bewegung von Magnet, Welle und Spiegel als mechanische Arbeit durch angesetzte Drehmomente - Drehmomente werden durch Ströme, die Magnetfelder hervorrufen, realisiert - Positionserfassung durch Auswertung von Lichtintensitäten auf 4 Sensoren - es müssen verschiedene Parameter wie, Trägheitsmomente von Spiegel und Welle, Drehmomente, induzierte Spannungen und z.B. Lichtintensitäten beachtet werden

Bevor mit der Simulationsstudie begonnen wird, werden einige Vereinfachungen angenommen: - Spiegel und Drehachse sind eine immer gleich konzentrierte Masse -> gleiche Beschleunigungen - Luftspalt zwischen Magnet und Spule hat keinen Einfluss -> Luftspalt hat geringere magnetische Kraftflussdichte - Spiegel ist immer mit Schwerpunkt in der Drehachse -> keine anderen Drehmomente, kein Verbiegen - Druck verdrehen des Spiegels kann der Laserstrahl nicht vom Spiegel "fallen" (wäre der Spiegel zu weit gedreht, so dass der Laserstrahl nur noch auf eine kleine Ablenkfläche trifft, würde der mittlere Teil des Laserstrahls abgelenkt und der äußere Teil würde am Spiegel vor-

bei "laufen") - Lichtquelle hat konstante Beleuchtungsstärke in den Halbraum - Völlige Abdunkelung des einen Sensors, wenn der andere maximale Helligkeit besitzt - Alle Bauteile 100% steif - Erwärmung und dadurch eine Veränderung der Parameter wird nicht beachtet

Es wird mit einem vorgegebenen Gleichstrommotor begonnen, Werte für die Regelparameter heraus zu finden, mit denen sich erste Ergebnisse zeigen. Mit diesen gefundenen Regelparametern wird dann versucht, die Regelergebnisse noch zu verbessern. Als Alternative kommt die s.g. P-Adaption in Betracht. Bei der P-Adaption gibt es im Regelkreis nur einen P-Regler. Diesem P-Regler ist eine Funktion vorgeschaltet, die es über zwei einzugebende Parameter erlaubt, näher an den Sollwert zu gelangen.



### 3. Mathematische Modellbildung

text



## 4. Programmentwicklung

text



## 5. Simulationsdurchführung

In diesem Abschnitt werden verschiedene Simulationen durchgeführt. Es wird mit einer P-Regelung begonnen, die Sollwerte zu erreichen. Wenn die P-Regelung nicht ausreicht, wird die P-Regelung erst nur um einen I-Anteil und dann nur um einen D-Anteil erweitert. Sollten immernoch keine Zufriedenstellenden Ergebnisse vorliegen, so wird mit einer PID-Regelung versucht, die Vorgaben zu erreichen.

Bla bla bla —> Hier kommen dann die verscheidenen Ergebnisse hin <—

Nach dem die verschiedenen Regler die Vorgaben noch nicht erfüllen konnten, wird nun die P-Adaption eingesetzt. Bei der P-Adaption wird folgende Formel vor den P-Verstärke geschaltet:

—> Formel <—

Dabei muss der Regelkreis folgendermaßen erweitert werden:

—> Bild von Froriep <—

Nun kann mit drei verschiedenenn Parametern verucht werden, die Sollwerte zu erreichen.

—> Hier kommen dann die verscheidenen Ergebnisse hin <—

Durch die Verwendung der P-Adaption konnte die Einregelzeit verbessert werden. Es zeigte sich, dass mit dem vorhandenen Gleichstrommotor keine der Vorgaben eingehalten werden kann.

Nun werden die Motorwerte solange verändert, bis sich das gewünschte Ergebniss einstellt.



## 6. Diskussion

text





## 7. Zusammenfassung

text



## A. Anhänge

### A.1. Anhaenge

text



# Literaturverzeichnis



# Abbildungsverzeichnis





## Tabellenverzeichnis



# Danksagung

BLABLA



# Eidesstattliche Erklärung

Wir versichern hiermit gemäß § 35 Abs.7 der Rahmenprüfungsordnung für Fachhochschulen in Bayern, dass wir die vorliegenden schriftliche Arbeit mit dem Titel

## **Simulationsstudie: Regelung eines Laserablenkspiegels**

selbständig angefertigt, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt haben.

Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen sind, haben wir in jedem einzelnen Fall unter genauer Angabe der Quelle (einschließlich Internet sowie anderer elektronischer Datensammlungen) deutlich als Entlehnung kenntlich gemacht. Dies gilt auch für angefügte Zeichnungen, bildliche Darstellungen, Skizzen und dergleichen.

Wir nehmen zur Kenntnis, dass die nachgewiesenen Unterlassung der Herkunftsangabe als versuchte Täuschung bzw. als Plagiat gewertet und mit Maßnahmen bis hin zur Aberkennung des akademischen Grades geahndet wird.

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift (Michael Jost)

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift (Sebastian Schleich)