

Marcel Rohrer

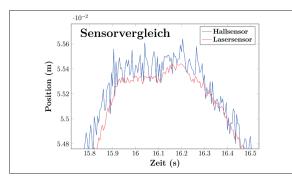


Daniel Stern

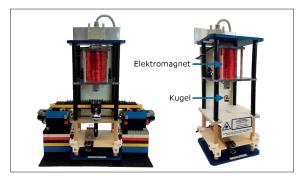
Diplomanden	Marcel Rohrer, Daniel Stern
Examinator	Dr. Guillermo Peretti
Experte	Dr. Markus A. Müller, Frei Patentanwaltsbüro AG, Zollikon, ZH
Themengebiet	Regelungstechnik

Magnetische Levitation

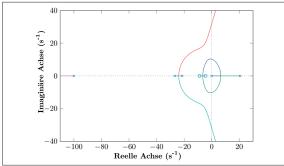
Entwurf eines robusten Reglers



Vergleich der beiden Sensoren, die zur Positionsbestimmung der Kugel verwendet werden



Links ist der Aufbau mit dem Kugellift abgebildet, welcher für die Messreihen verwendet wurde. Rechts sieht man die schwebende Kugel in Aktion



Wurzelortskurve im Arbeitspunkt z0=0,06 [m]

Ausgangslage: Das physikalische Versuchsobjekt dieser Arbeit ist ein Elektromagnet, welcher eine magnetisierte Kugel mithilfe einer Positionsregelung zum Schweben bringt. Die Kugelposition wurde bis anhin nicht direkt gemessen, sondern aus der gemessenen Flussdichte des Magnetfeldes gerechnet. Mit diesem Ansatz wurden in früheren Arbeiten Regler realisiert, welche die Kugel nur in kurzer Entfernung zum Eisenkern stabilisieren konnten. Bei grösseren Entfernungen war die Regelung wegen der fehlerhaften Positionsmessung jedoch nicht mehr stabil. Mit dem Ziel, eine Positionsregelung für grössere Entfernungen zu ermöglichen, wurde ein Laserdistanzsensor montiert, der von unten auf die Kugel leuchtet und deren Position unabhängig vom Magnetfeld bestimmt.

Aufgabenstellung: Die erste Aufgabe besteht darin, zwei Sensoren zu vergleichen, mit denen die Position der Kugel bestimmt werden kann. Es soll dabei eine Lösung evaluiert werden, welche auch in tieferen Arbeitslagen zuverlässig funktioniert. Die Hauptaufgabe ist anschliessend, einen robusten Regler zu entwerfen, welcher die Kugel ohne Podest von unten anheben kann.

Ergebnis: Im Vergleich zum früher verwendeten Hallsensor (blaue Kurve) liefert der neue Laserdistanzsensor (rote Kurve) besonders in tieferen Arbeitslagen deutlich genauere Positionswerte. Als Hilfsmittel für umfangreiche Messreihen wurde ein motorisierter Kugellift aus Lego gebaut, der es ermöglicht, die Messungen über mehrere Positionen vollständig zu automatisieren. Es wurden Messreihen mit 24 Arbeitspunkten durchgeführt. Unstimmigkeiten zwischen Messungen und Modell führten dazu, dass man das mathematische Modell erweitern musste. Mithilfe des Lagrange-Formalismus wurde ein erweitertes mathematisches Modell hergeleitet, welches das instabile und nichtlineare Verhalten des Systems besser beschreibt. Die Messreihen wurden dazu verwendet, mit der Least-Square-Methode die Parameter des Modells zu identifizieren. Aus dem erweiterten Modell wurde eine Familie von linearen Modellen hergeleitet, die den gesamten Arbeitsbereich der Kugel abdecken. Gestützt auf die Methode der Wurzelortskurve wurde ein möglichst einfacher Regler entworfen, der sich mittels Gain-Scheduling laufend an die Soll-Position der Kugel anpasst. Der entworfene Regler funktioniert bereits ab einer Abtastfrequenz von 150 Hz und lässt sich somit problemlos in Simulink implementieren. Dank der genaueren Positionsmessung liess sich ein Regler realisieren, der die Kugel über den ganzen Arbeitsbereich stabilisieren kann.