



Lukas Haldemann



Michael Jost

Diplomanden	Lukas Haldemann, Michael Jost
Examinator	Prof. Dr. Markus Kottmann
Experte	Dr. Markus A. Müller, Frei Patentanwaltsbüro, Zollikon ZH
Themengebiet	Regelungstechnik

Magnetic Levitation

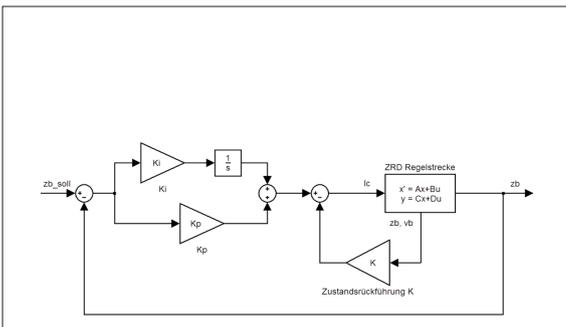
Anwendung linearer Regelung im Zustandsraum für das Schwebenlassen einer Metallkugel im magnetischen Feld



«Magnetic Levitation»-Aufbau von Quanser Inc.

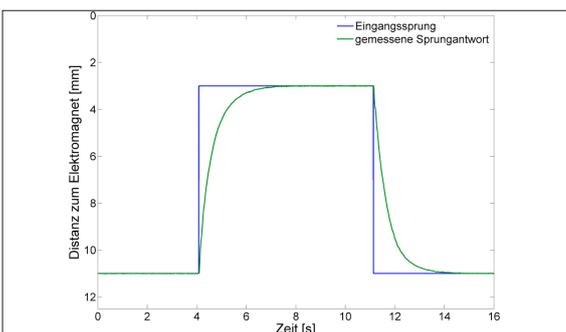
Ausgangslage: «Magnetic Levitation» bezeichnet das freie Schweben eines Gegenstandes in einem magnetischen Feld. Ein Aufbau der Firma Quanser Inc. ermöglicht es, eine Metallkugel mithilfe eines Elektromagneten schweben zu lassen. Dieser Schwebeprozess ist instabil und macht eine Regelung notwendig. Es besteht bereits ein vom Hersteller entworfener Regler, der auf einer PID-Struktur mit unterlagerter Regelung basiert.

Vorgehen: Der Aufbau wird über eine spezifische Hardware des Herstellers angesteuert. Es wurde deshalb eine Schnittstelle zur bestehenden Laborumgebung der HSR entwickelt. Somit kann auf die Hardware des Herstellers verzichtet werden. In einem weiteren Schritt ist die Regelstrecke identifiziert und modelliert worden. Spezielle Eigenschaften der Strecke sind Instabilität, nicht lineares Verhalten und Parameterunsicherheiten. Zudem wurden unerwünschte Effekte wie ein horizontales Schwingen der Kugel untersucht. Für die Regelung ist das Konzept der linearen Zustandsrückführung mit Beobachter angewendet worden. Das Ziel war es, einen Regler zu entwerfen, der über einen grossen Teil des Arbeitsbereiches gut funktioniert.



Lineare Zustandsrückführung mit PI-Regler

Ergebnis: Das Regelkonzept konnte gut umgesetzt werden, wobei die Struktur mit unterlagerter Regelung beibehalten wurde. Durch diese Kaskadierung kann eine bessere Rauschunterdrückung gewährleistet werden und der gesamte Regler wird schneller. Mit dem Beobachter konnte insbesondere der Einfluss der horizontalen Schwingung auf den Regelprozess verkleinert werden, was die Stabilität der Regelung deutlich verbessert. Es stellte sich jedoch heraus, dass das Streckenmodell noch nicht die ganze Dynamik der realen Strecke erfasst. Gewisse Reglereinstellungen mussten daher empirisch gefunden werden. Ein vertikales Schwingen der Kugel, dessen Ursprung unbekannt ist, konnte mit genügend schnellen Reglern weitgehend unterdrückt werden. Der Nachteil davon ist, dass die Kugel in der Nähe des Elektromagneten nicht mehr stabilisiert werden kann. Der gefundene Regler ist schnell und kann die Kugel dennoch über einen grossen Arbeitsbereich schweben lassen. Dies ist eine klare Verbesserung gegenüber dem PID-Regler des Herstellers.



Gemessene Sprungantwort der Metallkugel