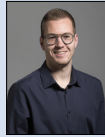


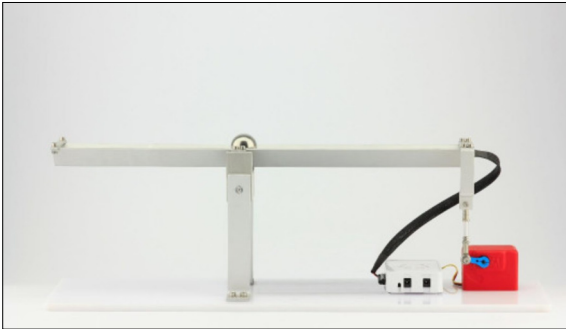
Michael Philipp Sägesser



Fabian Sabljo

Studenten	Michael Philipp Sägesser, Fabian Sabljo
Examinator	Prof. Dr. Markus Kottmann
Themengebiet	Regelungstechnik

## Ball on Beam - eine Fallstudie



"Ball and Beam"-System  
Ball and Beam User Manual Acrome Ltd.

**Ausgangslage:** In dieser Arbeit wurde das System "Ball and Beam" von der Firma ACROME verwendet. Es besteht aus einer Schiene, auf der eine Kugel frei rollen kann. Auf der Schiene selbst ist ein Potentiometer-Messstreifen aufgeklebt, mit dem die Position der Kugel bestimmt werden kann. Mit einem Servo-Motor, welcher über eine Übersetzung an der Schiene angeschlossen ist, kann sie in die gewünschte Richtung geneigt werden.

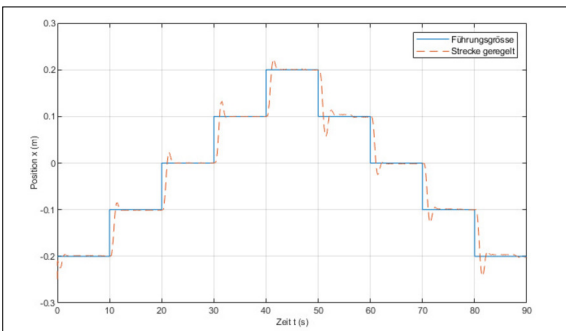
Die Signale werden über die "ACROME Power Distribution Box" an eine SoftHIL I/O-Karte übermittelt, welche wiederum an einem Computer angeschlossen ist. Die Daten selbst werden dann in MATLAB/Simulink erzeugt respektive ausgelesen. Das Ziel der Arbeit ist, für das "Ball and Beam"-System ein genaues mathematisches Modell zu bilden und damit Regler auszulegen, welche die Kugel an eine gewünschte Position bewegen oder einem dynamischen Eingangssignal (z. B. Sinus) folgen können. Diese Regler sollen ein gutes Verhalten für Führungsschritte und Störungen aufweisen.

**Vorgehen:** Das Modell wurde in einem ersten Schritt auf Grundlage des physikalischen Problems "Kugel auf schiefer Ebene" ausgelegt. Die Regler, die mit diesem Modell ausgelegt wurden, haben die Ziele erfüllt. Jedoch war die Abweichung zwischen der Simulation und dem realen Modell noch zu gross.

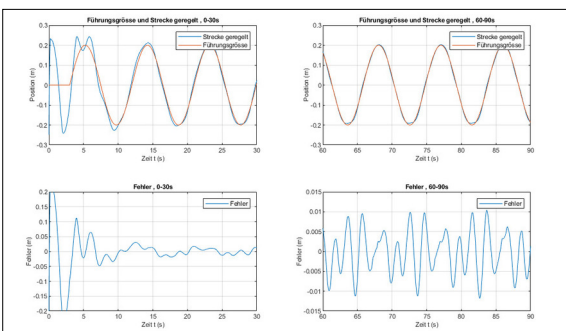
Das Verhalten der geregelten Schiene wies eine  $PT_2$ -Charakteristik auf. Da so das Closed-Loop-Verhalten der Strecke bestimmt werden konnte und der Regler ebenso bekannt war, konnte ein mathematisches Modell erstellt werden, welches die Anforderungen betreffend Genauigkeit erfüllt.

Für den Entwurf der Regler wurden sowohl klassische Methoden wie zum Beispiel die Auslegung nach Ziegler-Nichols als auch komplexere Methoden wie der Reglerentwurf mit der Wurzelortskurve angewendet. Die Zustandsraumdarstellung in Verbindung mit der Polplatzierung und LQR ist eine weitere Methode, mit der gearbeitet wurde.

**Ergebnis:** Es konnten verschiedene Regler entwickelt und implementiert werden. Bei konstanten Führungsgrössen wurden mit dem PIDT-Regler die besten Ergebnisse erzielt. Zusätzlich zu diesem Regler wurde noch eine Anti-Windup-Schaltung implementiert. Diese kann bei kurzer Einschwingzeit das Überschwingen etwas reduzieren. Je nach Bedarf kann der Regler für möglichst schnelles Anfahren der Führungsgrösse oder für möglichst wenig Überschwingen ausgelegt werden. Für die Regelung mit dynamischen Führungsgrössen wurden unter anderem Regler mit Reject-Filter und Zustandsraumregler entworfen und getestet. Der Regler mit Reject-Filter hat für solche Führungsgrösse ein sehr gutes Regelverhalten im eingeschwingen Zustand gezeigt. Die Einschwingzeit dieses Reglers ist jedoch deutlich langsamer als die des Zustandsraumreglers. Der Fehler des Zustandsraumreglers ist im eingeschwingenen Zustand aber grösser.



Regelverhalten PIDT-Regler mit Anti-Windup  
Eigene Darstellung



Regelverhalten Sinusfolger (oben) und Fehler (unten) mit Reject-Filter  
Eigene Darstellung