

## Gleichgewichtsregelung für einen freistehenden Stab

Gleichgewichtsregelungen halten zunehmend auch im privaten Bereich Einzug. So sind in den letzten Jahren beispielsweise Segways für jedermann erschwinglich geworden. Hochschulen oder Universitäten verwenden gleichgewichtsgeregelte Systeme sehr gerne als Prestige- und Demoobjekte.

Diese Arbeit präsentiert die Entwicklung und Realisierung einer Gleichgewichtsregelung für einen freistehenden Stab. Dabei werden Reaktionsräder als Drehmomentquellen verwendet, um den Stab in der vertikalen Lage zu stabilisieren.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, anhand von Simulationen und Messungen die theoretische und praktische Regelbarkeit des Systems zu untersuchen und das System als Demoobjekt zu realisieren. Dabei sollen verschiedene Reglerentwurfsmethoden analysiert und einander gegenübergestellt werden.

Im Entwicklungsprozess wurde ein mathematisches Modell der Regelstrecke erarbeitet und anhand von Simulationen wurden Regler mit drei verschiedenen Entwurfsmethoden ausgelegt. Die daraus resultierenden Regler: PID-Regler, Regler durch Polvorgabe und Zustandsregler wurden in Simulationen und Messungen geprüft und verglichen. Das generierte Modell wurde in Form eines physischen Versuchsaufbaus realisiert. Dabei wurden für die Reaktionsmomente zwei BLDC-Motoren verwendet und die Ermittlung der Rohdaten für die Neigungswinkel erfolgte mit einer Inertial Measurement Unit (IMU). Die IMU-Rohdaten wurden mithilfe eines Kalman-Filters zu einem Winkelsignal verarbeitet. Die Regler wurden einerseits in Simulink® mit dem SLDRT-Tool und andererseits mit einem Mikrokontroller «Arduino DUE» implementiert.

Die Resultate aus den Simulationen und den physischen Tests bestätigen, dass das System im Gleichgewichtszustand regelbar ist. Bei der Gegenüberstellung der Reglerentwurfsmethoden hat sich der Zustandsregler als die vorteilhafteste Lösung für das spezifische Problem erwiesen. Dank der Einbindung der Motordrehzahl als Systemzustand ermöglicht der Zustandsregler beispielsweise eine Stabilisierung sogar bei dynamischen Verschiebungen des Systemschwerpunktes.

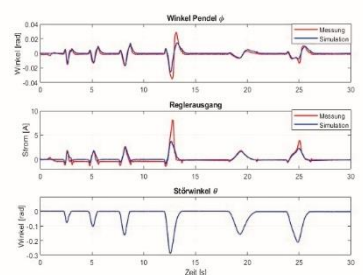


Diplomierende  
Gabriel Oswald  
Andrin Tellenbach

Dozent  
Walter Siegl



Der Stab wird durch die Gleichgewichtsregelung mit den Reaktionsrädern balanciert.



Zur Modellverifizierung wird ein gemessenes Störverhalten mit der Simulation verglichen. Bei grossen Störwinkeln wird die Abweichung durch die Linearisierung gut ersichtlich.