



Andreas
Koller

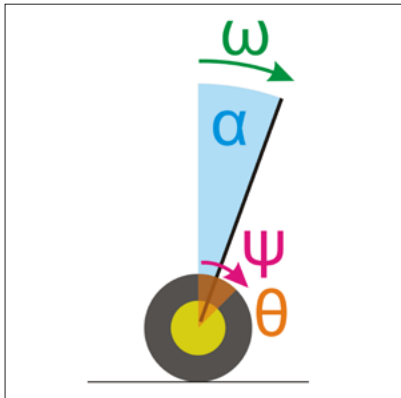


Ekrem
Kqiku

Lego-Segway

Regelung eines invertierten Pendels

Diplomanden	Andreas Koller, Ekrem Kqiku
Examinator	Prof. Dr. Markus Kottmann
Experte	Dr. Markus A. Müller, Frei Patentanwaltsbüro, Zollikon ZG
Themengebiet	Regelungstechnik



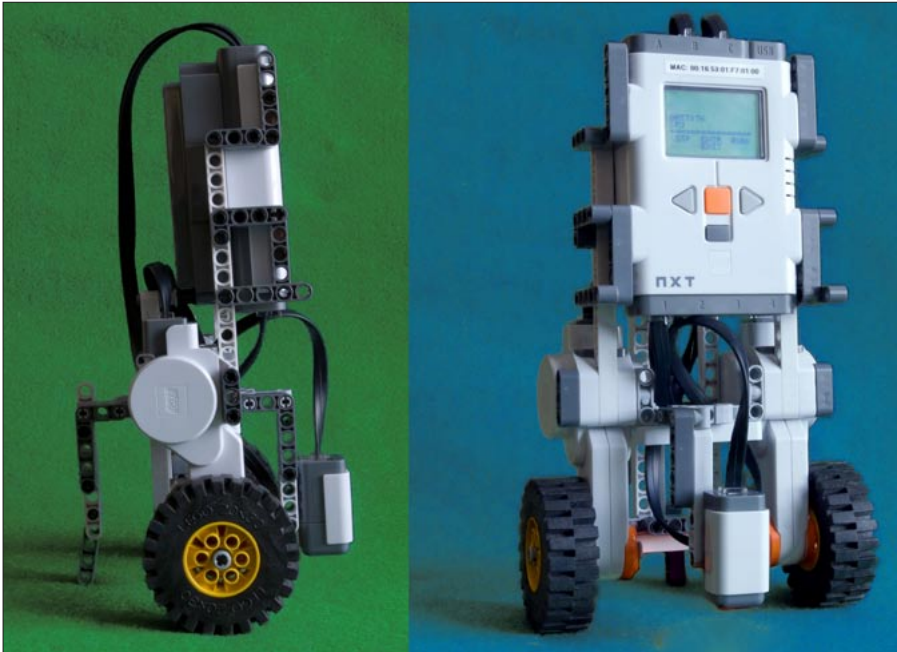
Zustandsvariablen im Überblick

Ausgangslage: Ein Segway ist ein einachsiges Gefährt, bei dem zwei Räder auf derselben Achse mit je einem Motor angetrieben werden. Der Fahrer steht dabei auf einer Plattform zwischen den Rädern. Dieser beeinflusst die Vor-/Rückwärtsbewegung durch Gewichtsverlagerung und die Fahrtrichtung durch Seitwärtsneigen einer Lenkstange. Regelungstechnisch gesehen entspricht der Segway inklusive Fahrer einem invertierten Pendel, dessen Winkel vom Segway geregelt wird.

Ziel der Arbeit: Unter Verwendung von Bauteilen aus dem System LEGO Mindstorms NXT soll ein

Segway nachgebildet werden. Dabei soll anstatt des Fahrers eine Fernsteuerung über das Bluetooth-System des NXT die Steueraufgaben übernehmen. Die eigentliche Regelung soll mit einem Zustandsregler erfolgen.

Lösung: Eine geeignete Entwicklungsumgebung wurde evaluiert. Nach Einarbeitung in diese Umgebung wurde eine Untersuchung der LEGO-Sensoren durchgeführt, welche aufzeigte, dass deren Qualität und Auflösung nicht besonders hoch sind, was die Anforderungen an die Regelung erhöhte.



LEGO-Segway-Roboter

Eine der kreativeren Aufgaben war dann der Bau des LEGO-Segway-Roboters. Hier stellten sich Fragen nach der geeigneten Wahl der Räder und der Höhe des Schwerpunktes, die für die anschließende Modellierung von besonderem Interesse sind. Es wurden deshalb mehrere verschiedene Bauformen getestet. Eine der Hauptaufgaben bestand darin, für die Zustandsregelung ein mathematisches Modell zu entwickeln. Die vier Zustandsvariablen des Segways sind in der ersten Abbildung skizziert. Danach folgte die Implementierung des Zustandsreglers nach dem LQR-Verfahren. Da nicht alle Zustandsvariablen mit den Sensoren direkt messbar sind, wurde zusätzlich noch ein Beobachter entworfen.

Zum Schluss wurde die Fernsteuerung miteinbezogen und damit das Fahren des Roboters implementiert. Eine besondere Herausforderung war das Fahren, da dabei mehrere Zustandsvariablen gleichzeitig auf neue, sinnvoll zusammenhängende Werte geregelt werden mussten.