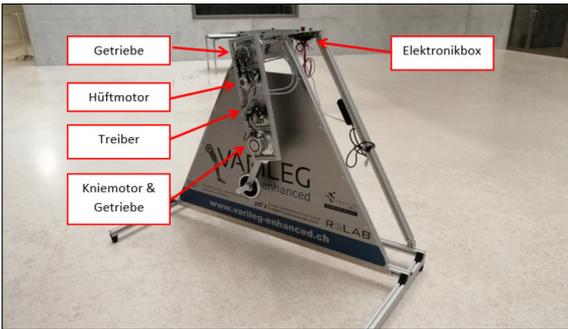




Yves Schmidlin

Student	Yves Schmidlin
Examinator	Prof. Dr. Christian Bermes
Themengebiet	Automation & Robotik

Exoskelett-Teststand mit Schwerpunkt Hardware und Regelung



Im Vorgängerprojekt entwickelter Teststand.
Bericht Teststand Masterprojektarbeit Dario Bee HS 2019

```

%% 4. Zustandsraummodell
% Quelle: Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und
% Entwurf einschleifiger Regelungen, 2010 S 85-120, 44780 Bochum
% (Deutschland)

%Ruhelagen definieren
x1_0=0 % Ruhelage für Gelenkwinkel
x2_0=0 % Ruhelage für Gelenkwinkelgeschwindigkeit
u1_0=0 % Ruhelage für den Strom als Eingangssignal (u1_0)

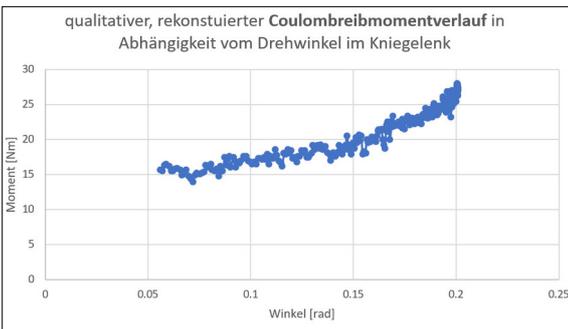
%linearisierte Systemmatrix A und Eingangsmatrix B ermitteln (Jacobian)
A_Huefte=jacobian([x1d,phi1dd_Huefte],[x1, x1d])
B_Huefte=jacobian([x1d,phi1dd_Huefte],[u1])

%Ruhelagen in Matrizen A, B einsetzen
A_Huefte=subs(A_Huefte,[x1,x1d,u1],[x1_0,x2_0,u1_0])
B_Huefte=subs(B_Huefte,[x1,x1d,u1],[x1_0,x2_0,u1_0])

%Double Umwandlung der Matrizen A und B
A_Huefte=double(A_Huefte)
B_Huefte=double(B_Huefte)

```

Code-Ausschnitt aus dem Simulationsmodell in Matlab
(Zustandsraummodell).
Eigene Darstellung



Qualitativer, rekonstruierter Coulombreibungmomentverlauf in
Abhängigkeit vom Drehwinkel im Kniegelenk.
Eigene Darstellung

Ausgangslage: Bei einer Masterprojektarbeit im Herbstsemester 2019 an der HSR wurde ein Teststand für ein Bein eines robotischen Exoskeletts entwickelt. Dieser Teststand besteht aus einem Gerüst, einem Exoskelettbein und den Elektronikbauteilen. Ausstehend ist auch das Verkabeln der Elektronikkomponenten nach vorgegebenem Schaltplan, zudem muss noch ein Notausschalter angeschlossen werden. In der Hüfte und im Knie des Exoskelettbeins befinden sich Elektromotoren, welche mit einem Treiber angesteuert werden. Die Gelenkwinkeltrajektorien für Hüftgelenk und Kniegelenk wurden geplant, welche die Grundlage für die Regelung dieser Arbeit sind. Das erste Ziel ist es, dass die Sicherheit für die Elektronikkomponenten und den Benutzer gewährleistet ist und die Elektronikkomponenten miteinander verkabelt werden, damit die Elektromotoren auch in all den geplanten Betriebsmodi angetrieben werden können. Für ein Exoskelettbein soll ein mathematisches Modell erarbeitet werden. Auf Basis dieses Modells sollen Gelenkwinkeltrajektorienfolgeregler entworfen werden. Die Reglerarten sind ein modellbasierter PID Regler, Zustandsregler durch Polzuweisung und optimaler Zustandsregler. Diese Regler sollen so ausgelegt werden, dass möglichst kein Überschwingen der Regelgrößen auftritt.

Vorgehen: Im ersten Schritt sollen auf Basis des Elektronikkonzepts alle Komponenten miteinander verkabelt werden, insbesondere soll der Not-Ausschalter angeschlossen sein. Anschliessend soll ein physikalisches Modell erarbeitet, in Matlab implementiert und unbekannte Parameter identifiziert werden. Im letzten Schritt sollen die drei Regler entworfen werden.

Ergebnis: Aufgrund wesentlicher Änderung der Ausgangslage wurde die Arbeit mit Schwerpunkt auf Modellierung, Simulation, Verifikation und Betrachtungen der Regelung durchgeführt. Es wurde zuerst ein Modell mit sehr vereinfachten Annahmen für das durch zwei Motoren angetriebene Doppelpendel erstellt. Darauffolgend wurden Modelle für die beiden Einfachpendelsysteme mit Antrieb durch den Hüftmotor/Kniemotor mit verschiedensten Annahmen gebildet und jeweils die reale mit der modellierten Strecke verglichen. Bei den zuletzt erstellten Modellen für die beiden Einfachpendelsysteme wurde nur viskose Reibung berücksichtigt. Der Wirkungsgrad des Antriebsstranges wurde mitmodelliert. Die unbekannt Parameter waren dabei der Wirkungsgrad und der Reibbeiwert für die viskose Reibung. Alle anderen Parameter wurden genau ermittelt. Es konnte keine ausreichende Modellgüte erzielt werden. Der Grund wird im vereinfachtem Reibmodell vermutet. Für eine Fortsetzung der Arbeit sollen die Elektronikbauteile zuerst verkabelt und der Not-Ausschalter angeschlossen werden. Anschliessend soll die Modellbildung für die beiden Einfachpendelsysteme abgeschlossen werden. Dazu wird die Berücksichtigung eines zusätzlichen winkelproportionalen Coulombreibungmoment empfohlen. Die unbekannt Parameter sollen mit der Methode der kleinsten Fehlerquadrate geschätzt werden. Die PID Regler sollen für die beiden Einfachpendelsysteme entworfen werden. Weiter soll ein Modell für das Doppelpendel mit ausreichender Modellgüte erstellt werden. Die beiden Zustandsregler sollen für dieses Doppelpendelsystem entworfen werden.