



**Diplomand**  
**Dozent**  
**Projektpartner**  
**Experte**  
**Themengebiet**

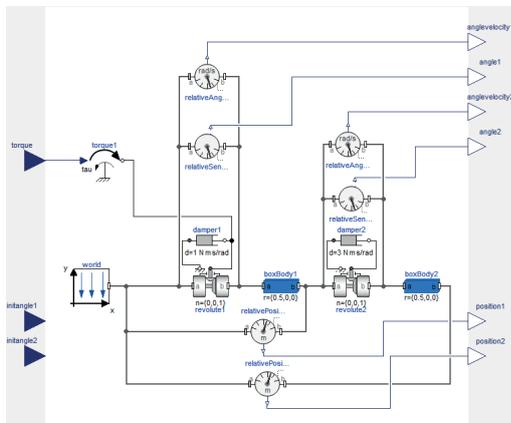
**Arnold Tim**  
**Prof. Dr. Müller Ulf Christian**  
**Institut IME, CC FNUM**  
**Dr. Schlienger Joel**  
**Energien, Fluide und Prozesse**

## KI-basierte Reglerauslegung – Reinforcement Learning für dynamische Systeme

### Ausgangslage

Dynamische Systemmodelle können sehr vielfältig eingesetzt werden, wobei sich ein zunehmend wichtiges Einsatzgebiet in der Reglerauslegung findet. Parallel dazu entwickelt sich der Bereich der künstlichen Intelligenz stark weiter und wird in immer mehr Anwendungsbereichen verwendet. Reinforcement Learning eignet sich als Teilgebiet der künstlichen Intelligenz hervorragend zur Regelung von Systemen, da es selbstständig von einem System das optimale Regelverhalten erlernen und dieses anwenden kann. Mithilfe von Systemmodellen kann der Lernprozess rein digital und ohne einen Versuchsaufbau erfolgen. Damit bringt die Kopplung dieser beiden Themengebiete ein grosses Potenzial mit sich.

Ziel dieser Arbeit war es, erste Erfahrungen mit Reinforcement Learning und der Kopplung mit Modelica Systemmodellen zu machen.

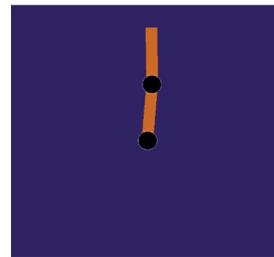


**Abb. 1:** Modelica Modell des doppelten Pendels, welches für die Kopplung mit Reinforcement Learning erstellt wurde

### Vorgehen

Nach einer Recherche zum Thema Reinforcement Learning konnte ein Überblick der Möglichkeiten und Tools geschaffen werden. Dabei wurden verschiedene kleinere Versuche gemacht und das nötige theoretische Grundwissen angeeignet. Daraufhin wurde ein Showcase definiert, wobei ein nach unten gerichtetes Pendel nach oben geschwungen und balanciert werden soll. Dafür wurde ein Modelica Modell aus der Modelica Standard Bibliothek für die Anwendung mit Reinforcement Learning verändert. Das Systemmodell konnte mithilfe von verschiedenen Bibliotheken in ein Python Programm implementiert werden, damit ein Reinforcement Learning Agent die gewünschte Regelung selbstständig durch Parametrisierung eines neuronalen Netzwerkes erlernen kann. Systematische Ex-

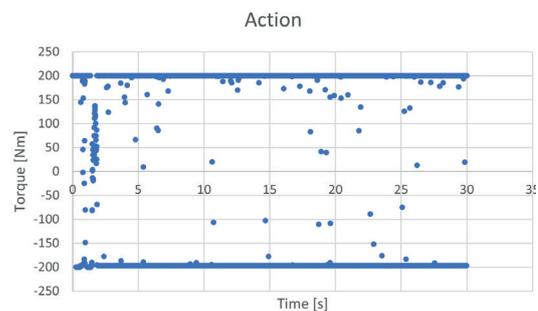
perimente wurden durchgeführt und die gewonnenen Erkenntnisse dokumentiert.



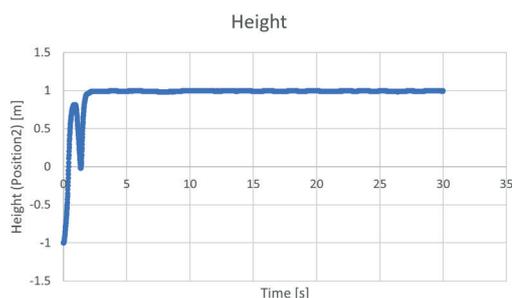
**Abb. 2:** Visualisierung des Systemzustandes in der eingeregelter Position

### Ergebnis

Während der Arbeit wurde erfolgreich Reinforcement Learning mit einem dynamischen Modelica Systemmodell gekoppelt. Dabei wurde nach einigen Versuchen und Anpassungen schlussendlich das gewünschte Reglerverhalten im Showcase erreicht. Es wurde eine Dokumentation erstellt, welche den Einstieg für weitere Arbeiten in diesem Themengebiet erleichtern und eine Grundlage bereitstellen soll. Zudem konnte ein Überblick über die Möglichkeiten und verfügbaren Tools geschaffen werden.



**Abb. 3:** Reglerverhalten nach dem Erlernen des neuronalen Netzwerkes. (Drehmoment in jedem Zeitschritt)



**Abb. 4:** Verlauf der geregelten Zustandsvariable. (Höhe der äussersten Stange)