



HOCHSCHULE HEILBRONN

Fakultät für Mechanik und Elektronik

---

## Ausgewählte Kapitel der Robotik

# Abschlussprojekt zur Vorlesung

Gruppe 4

**Dozent:** Prof. Andreas Hoch  
**Betreuer:** B.Eng. Fabian Finkbeiner

**Autoren:** Semyon Kondratev 207612  
Lisa-Franziska Schäfer 199318

---

Abgabedatum: 21. Februar 2022

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>   | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Modellbildung des UR10</b>   | <b>2</b> |
| 2.1      | Download und Konvertierung der step-Dateien . . . . .                                 | 2        |
| 2.2      | Modellierung in Simscape . . . . .  | 2        |
| 2.3      | Festlegung der Roboterkoordinatensysteme nach Denavit-Hartenberg-Konvention . . . . . | 3        |
| <b>3</b> | <b>Darstellung einer Bewegungssequenz</b>   | <b>3</b> |
| <b>4</b> | <b>Ausgabe von Drehmomentverläufen</b>  | <b>3</b> |
| <b>5</b> | <b>Vergleichsrechnung mit Newton-Euler-Verfahren</b>                                  | <b>3</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>   | <b>4</b> |

# 1 Einleitung

Im Rahmen des Abschlussprojekts zur Vorlesung Ausgewählte Kapitel der Robotik sollen verschiedene Aufgaben rund um den Roboter UR10 der Firma Universal Robots bearbeitet werden. Zunächst soll das Modell des Roboters in Matlab Simscape nachgebildet werden. Dazu können die step-Dateien des Roboters verwendet werden, welche auf einigen Webseiten als kostenloser Download zur Verfügung stehen. Die Massen und Trägheiten der Armteile bzw. Gelenke sollen dabei abgeschätzt werden. Als Nächstes soll die zugewiesene Bewegungssequenz aus dem Beispielvideo dargestellt werden. Die Bewegung umfasst dabei eine etwa drei Sekunden lange „*Point to Point*“ Bewegung des UR10. Eine weitere Aufgabe ist, die Drehmomentverläufe der Antriebe des Modells in Simscape auszugeben. Als Letztes sollen die von der Simulation berechneten Drehmomente mittels einer Vergleichsrechnung mit Newton-Euler-Verfahren überprüft werden.

Beim UR10 handelt es sich um einen 6-Achs Roboterarm, welcher in der Abbildung 1 zu sehen ist. Sein Aufbau ist an einen menschlichen Arm angelehnt, wodurch er nahezu jede Position in seinem Arbeitsraum erreichen kann. Er ist der größte der UR-Familie und kann Lasten von bis zu 10 kg bei einem Arbeitsradius von bis zu 1300 mm bewegen. Dies ermöglicht ihm ein breites Anwendungsspektrum in der Maschinenbestückung, Palettierung und Verpackung.[Uni]



**Abbildung 1:** UR10 der Firma Universal Robots, Quelle: [https://www.universal-robots.com/3d/images/slider/ur10/small\\_images/rendersd\\_00009.jpg](https://www.universal-robots.com/3d/images/slider/ur10/small_images/rendersd_00009.jpg)

## 2 Modellbildung des UR10

Für die erste Aufgabe soll der Roboter in der Matlab Simulationssoftware Simscape modelliert werden. Anders als in der Aufgabenstellung angegeben, gibt es für den UR10 lediglich eine step-Datei über den gesamten Roboter und nicht aufgeteilt in die einzelnen Armteile als Download.

### 2.1 Download und Konvertierung der step-Dateien

Die step-Datei des UR10 wird auf diversen Webseiten kostenlos zum Download angeboten. Für das Projekt wurde die Datei der Firma „SG-Automatisierungstechnik GmbH“<sup>1</sup> verwendet. Die step-Datei lässt sich jedoch nicht direkt in Matlab einlesen, sondern muss mittels des „*Simscape Multibody Link Plugin*“ konvertiert werden. Dabei handelt es sich um ein Zusatzprogramm, welches in bestimmten CAD Anwendungen installiert werden kann und den Export von XML- und Geometriedateien ermöglicht [Mat]. Als CAD Anwendung für die Konvertierung wurde SolidWorks gewählt. Der Datelexport aus SolidWorks erzeugte eine XML-Datei, eine Geometriedatei „*UR10\_DataFile.m*“ sowie acht step-Dateien der einzelnen Armteile und der Basis.

### 2.2 Modellierung in Simscape

Nun kann die XML-Datei mittels dem Befehl „*sm\_import()*“ in Matlab Simscape eingelesen und mit den step-Dateien der Roboterbauteile verknüpft werden. Nach einer kurzen Sichtung des Modells stellte sich heraus, dass die Transformationen zwischen den Bauteilen zwar korrekt, jedoch die interne Verknüpfung nicht stimmig war. Beim Einfügen von Aktuatoren bewegte sich ausschließlich das angesteuerte Armteil, während der Rest der kinematischen Kette statisch in der Ausgangsposition verblieb.

Aus diesem Grund wurde der Import einer URDF-Datei des Roboters versucht, was ebenso über den Befehl „*sm\_import()*“ möglich ist. Die verwendete Datei kann aus dem Github-Repository von „*Positronics Lab*“<sup>2</sup>, einer Forschungsorganisation der George Washington Universität, kostenlos heruntergeladen werden. Hierbei erzeugt Matlab eine eigene XML-Datei, in welcher das Projekt gespeichert ist. Mit Einfügen der step-Dateien der Armteile erhält man ein funktionierendes Robotermodell des UR10. Die Massen und Trägheiten der Armteile wurden aus der zuvor erhaltenen Geometriedatei entnommen.

---

<sup>1</sup><https://www.sg-automation.at/>

<sup>2</sup><https://github.com/PositronicsLab>

## 2.3 Festlegung der Roboterkoordinatensysteme nach Denavit-Hartenberg-Konvention

Für die spätere Vergleichsrechnung mit dem Newton-Euler-Verfahren ist es von Vorteil die Koordinatensysteme der Gelenkachsen des Roboters einheitlich zu definieren. Hierzu bietet sich die Festlegung nach Denavit-Hartenberg-Konvention an. Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt die Koordinatensysteme, wie sie auch in der Simulation definiert sind.

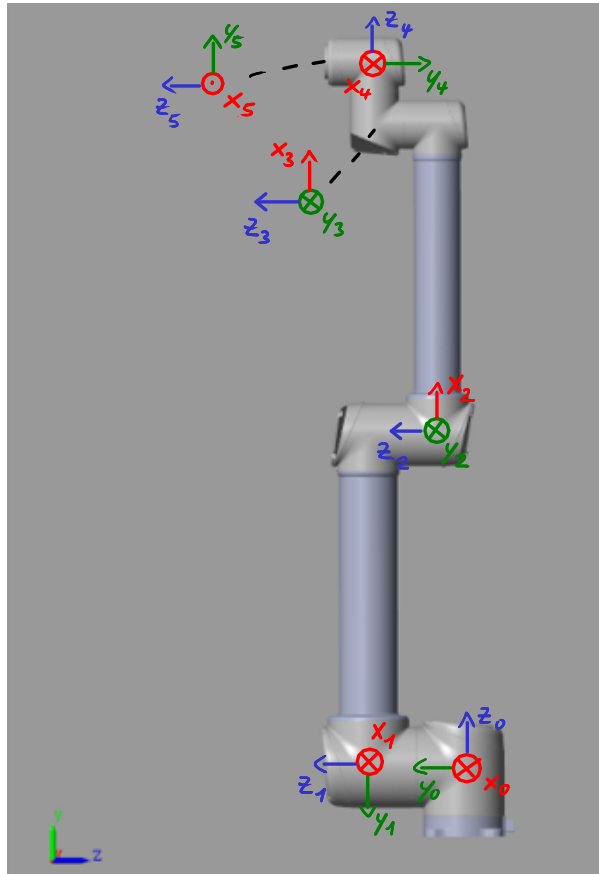


Abbildung 2: Koordinatensysteme der Gelenke des Roboters nach Denavit-Hartenberg-Konvention

## 3 Darstellung einer Bewegungssequenz

## 4 Ausgabe von Drehmomentverläufen

## 5 Vergleichsrechnung mit Newton-Euler-Verfahren

# Literaturverzeichnis

- [Mat] MATHWORKS: *Install the Simscape Multibody Link Plugin - MATLAB & Simulink - MathWorks Deutschland*. <https://de.mathworks.com/help/physmod/smlink/ug/installing-and-linking-simmechanics-link-software.html>, Abruf: 21.02.2022
- [Uni] UNIVERSAL ROBOTS (GERMANY) GMBH: *Mit Cobots Ihre Produktion automatisieren / Universal Robots*. <https://www.universal-robots.com/de/produkte/>, Abruf: 21.02.2022