

Einführende Anleitung zu Industrieroboter UR5 und Bediensoftware RoboDK

Hinweis: Wissen ist ohne Einrückung geschrieben, die schrittweise Anleitung ist hingegen eingerückt.

1. Der Roboter UR5

Aufbau

Der Industrieroboter UR5 der dänischen Firma Universal Robots hat eine maximale Traglast von 5kg. Seine Reichweite beträgt 850mm. Er hat sechs Gelenke, die sich alle um 720° bewegen lassen: Das erste Gelenk wird „Base“ genannt und befindet sich am Fuß des Roboters. Darauf folgen die „Shoulder“ und der Elbow. Vor dem Flansch befinden sich drei „Wrist {1,2,3}“-Gelenke, deren Nummerierung auf der Seite der Basis beginnt.

Der Roboter ist per Kabel mit seinem Steuergerät verbunden; drei weitere Kabel führen ans Stromnetz, an einen WLAN-Router im IG-Messnetz und an ein „Tablet“ zum Bedienen des Roboters.

Sicherheitshinweise

Achtung, der Roboter kann Geschwindigkeiten von bis zu 1m/s erreichen (höhere Geschwindigkeiten wurden deaktiviert). Es ist immer genug Abstand zum Roboter einzuhalten. Ebenfalls ist darauf zu achten, dass der Roboter weder mit Hindernissen (z.B. der Tischplatte) noch mit sich selbst kollidiert. In diesem Fall wird das Programm abgebrochen und der Roboter ist neu zu initialisieren.

Die Notaus-Taste am Tablet muss vor einer Kollision gedrückt werden!

Roboterflansch

Auf dem Flansch ist ein Schnellverschluss montiert, mittels dem verschiedene Zielobjekte auf den Roboter montiert werden können. Mögliche Ziele sind:

- Nest für einen Red Ring Reflector (RRR), eine Kugel mit 1,5“ Durchmesser von Leica (siehe Fig. 1 – 3). Dabei wird der RRR mittels eines Magneten, der im Nest mit Federn gehalten wird, am Nestaufsatz befestigt.
- Die Leica T-Probe mit einer Spitze zum Messen von Punkten, auch schwer zugängliche an Bauteilen. Die Spitze besteht aus hartem Glas und hat ca. 6mm Durchmesser.

Bedienung

Der Roboterarm kann entweder mittels des angehängten Tablets oder durch die Software RoboDK betrieben werden. Jedoch lassen sich mit dem Tablet nur einfache Bewegungen von Gelenken steuern, wohingegen eine simple Programmierung von mehreren Bewegungsabläufen in RoboDK realisierbar ist.

Am Tablet wird der Roboter eingeschaltet, die Motoren und das System mit dem Roboter-Bedienprogramm „PolyScope“ fahren hoch. Nach einer Initialisierung sind die Roboterarme zu starten. Dabei werden die Bremsen in den Gelenken aktiviert, was zu einem knacken führt und zu einer Bewegung des Roboters um bis zu einem Zentimeter. Erst jetzt hält der Roboter Lasten an ihrer Position.

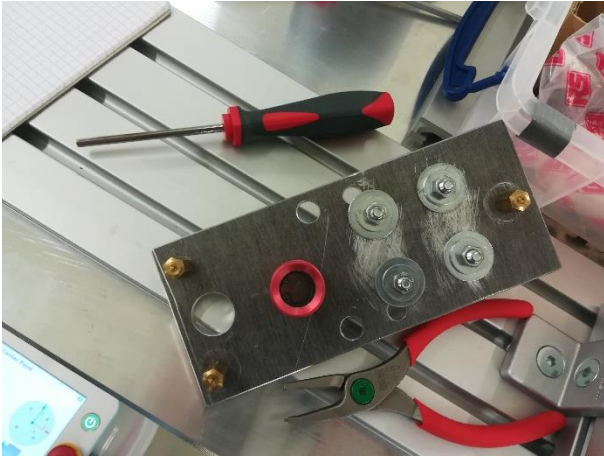


Figure 1: Nest (rotes Bauteil) für die Befestigung eines RRR

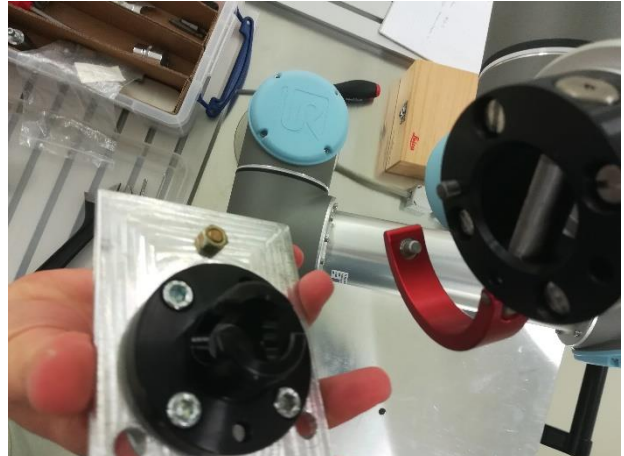


Figure 2: Befestigung der Halterung am Schnellverschluss des Roboters

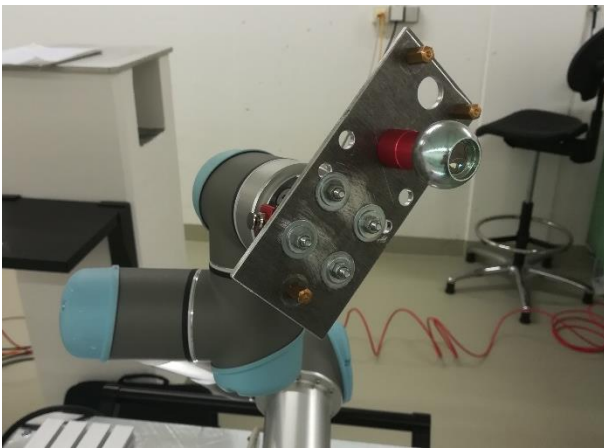


Figure 3: Fertige Montage des RRR am Roboter

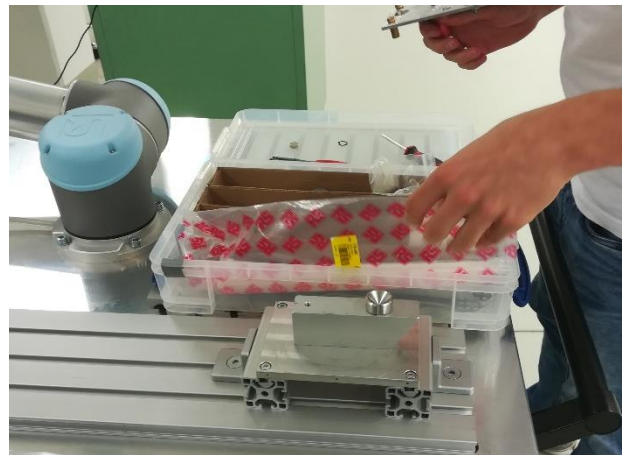


Figure 4: Montage des Vogelbandes mit dem Corner Cube Reflector (CCR) am Tisch

Koordinatensysteme

Der Roboter besitzt zwei KOS. Der Ursprung des ersten liegt genau in der Mitte jener Fläche, auf der er montiert ist. Das hauptsächlich verwendete Koordinatensystem (KS) ist das des TCP, des Tool-Center Points. Es hat seinen Ursprung in der Mitte des Flansches.

Die Position (bestehend aus drei Translationen und drei Rotationen) des TCP ist einstellbar. Sofern für die Messung ein Punkt mit konstanter Entfernung zum Flanschmittelpunkt verwendet wird (wie etwa die Spitze der T-Probe oder der RRR) sollte dieser Differenzvektor in Bezug auf die Flanschmitte eingemessen werden. Durch die Bestimmung dieses Differenzvektors wird der TCP neu festgelegt. Zu finden ist diese Funktion am Tablet unter Setup/neuen TCP erstellen. Dort wird mehrere Male eine spezielle Vorrichtung (siehe Fig. 4) mit dem RRR angefahren, wobei darauf zu achten ist möglichst viele verschiedene Winkelstellungen der Gelenke dafür zu benutzen. Im Anschluss muss nur noch die „Set“-Taste gedrückt werden und der neue TCP ist im System gespeichert.

Bei Befestigung eines Werkstückes sollte nach Möglichkeit dessen Schwerpunkt als TCP angegeben werden, sodass das Werkstück in allen Positionen und Ausrichtungen am besten gehalten werden kann. Das geschieht durch feines Entgegenhalten der Motoren in den Gelenken des Roboters.

Zu diesem Zweck kann im Einstellungsmenü am Tablet des Roboters eingesehen werden, wie viel Strom (in Ampere) jedes Gelenk in Ruhe als auch während der Ausführung eines Programms gerade benötigt.

2. Simulations- und Bediensoftware „RoboDK“

RoboDK ist ein proprietäres Computerprogramm zur Simulation von Bewegungen von Robotern vieler verschiedener Hersteller, unter anderem Universal Robots. Vorab wurde der Roboter UR5 ins Programm geladen, inklusive der beiden Koordinatensysteme (KOS) von Basis und Tool (bzw. Target) Center Point (TCP).

Verbindungsaufbau

Nach derzeitigem Stand der Technik, kann der UR5 bereits direkt von RoboDK aus angesteuert werden. Dafür muss eine Verbindung im LAN „IG-Messnetz“ hergestellt werden. Wie in nachfolgender Abbildung ersichtlich, ist der UR5 unter der IP-Adresse 192.168.178.5 und dem Port (Roboter Anschluss) 50001 erreichbar. Mit einer ping-Anweisung wird die Verbindung überprüft. Der Knopf „Get Position“ fragt die aktuelle Position des Roboterarmes ab und stellt sie dar.

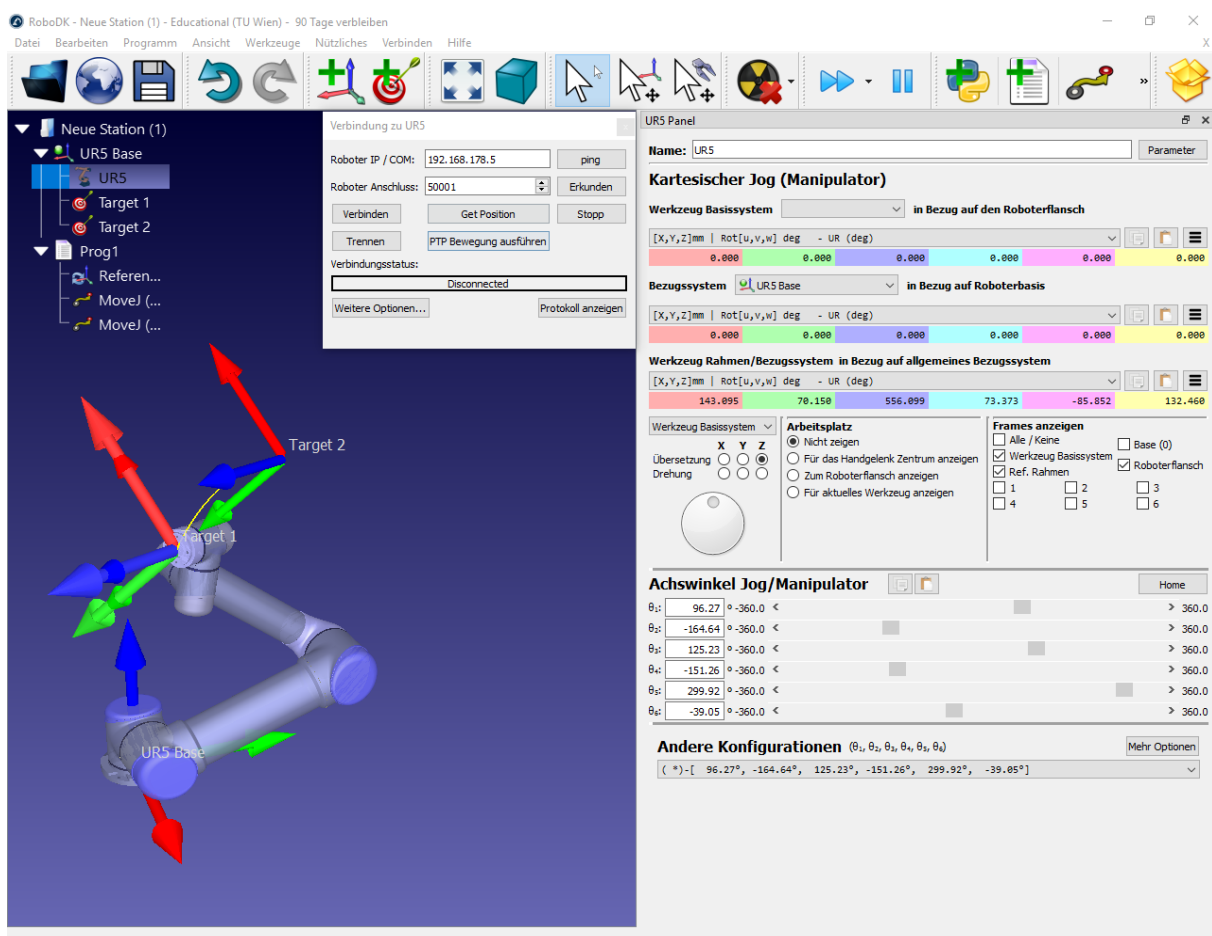


Figure 5: Benutzeroberfläche von RoboDK

Programmoberfläche

Im linken Balken in der Grafik sind gelistet: Basis, Roboter UR5 und anschließend alle von ihm erreichbaren Ziele (samt deren KOS). Darunter befinden sich die ausführbaren Programme mit ihren jeweiligen „moves“. Diese bestehen aus einer Abfolge der anzufahrenden Punkte.

Ein Doppelklick auf den Roboter UR5 links oben öffnet das UR5 Panel, das die ganze rechte Seite einnimmt und vielerlei Eingaben ermöglicht. Speziell interessant ist das unterste Feld mit der Überschrift „Achswinkel“. Dort werden die Winkelstellungen aller Gelenke angezeigt. In der bunten Zeile darüber kann der Bezug des TCP (bzw. Werkzeugrahmen) zum Basis-KOS als Pose manipuliert werden. Eine Pose besteht aus 6 Parametern: 3 für die Lage (Translation in $[x,y,z]$) und 3 für die dortige Orientierung $[Rx, Ry, Rz]$. Es ist dabei auf die Einheit der Winkel zu achten (Grad oder Radiant). Ebenso kann hier die Orientierung des TCP und ob eine Bewegung zu Kollisionen führt erprobt werden.

Erstellen von Programmen

Für einen Bewegungsablauf am Roboter wird in UR5 ein Programm geschrieben, das man auch als Endlosschleife laufen lassen kann. Beim Erstellen eines Programmes (in Fig. 5 ist Prog1 zu sehen, durch Klicken auf den Button im Menüband) wird zuerst ein Bezugssystem definiert. Optional können auch Geschwindigkeitsbeschränkungen für lineare Bewegungen oder für Rotationen festgelegt werden.

Erstellen eines Punktes

Um einen neuen Punkt (target) zu erstellen kann durch Doppelklick auf die UR5-Base das Fenster (wie in Fig. 5 auf der rechten Seite zu sehen) zum Verändern von Positionen aufgerufen werden. In diesem Fenster können die Winkel der einzelnen Gelenke verändert werden. Diese Winkeleinstellungen können anschließend einem Punkt zugeordnet werden (teach actual position), wodurch die Position dieses Punktes im Koordinatensystem festgelegt ist.

Bewegung zu einem Punkt

RoboDK kennt zwei Arten für das Erreichen eines Punktes. Die empfohlene und bisher einzige verwendete Methode ist „movej“ für „movejoints“, ihr Icon ist erkennbar am geschwungenen Weg zwischen den Zielen. Dabei werden die Punkte durch gegebene Gelenkstellungen beschrieben und der Weg zwischen ihnen als Differenz der Gelenkwinkel gefahren. Die andere Funktion „move“ steht für eine Linearbewegung zum Ziel. Dabei werden die Gelenke so bewegt, dass das Werkstück entlang einer Linie bewegt wird. Dies führt zu unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Gelenke im Laufe des Fahrweges. Vor dem Erstellen eines neuen „moves“ müssen die zu verwendeten „targets“ vorab definiert worden sein. Sobald ein „target“ verändert wird, müssen auch alle „moves“, die dieses „target“ verwenden, neu erstellt werden.

Darstellung und Konfigurationen der Punkte

Im UR5 Panel sind rechts unten die Positionen der Gelenke zu sehen (, die auch manuell bewegt werden können). Das Menü „Andere Konfigurationen“ zeigt meist zwischen 10 und 36 verschiedene Möglichkeiten an, in welchen Arten der Punkt erreicht werden kann. Bei einigen Kombinationen unterscheidet sich nur ein Gelenk um 360° . Entscheidend ist hier aber, ob der Ellbogen des Roboters über oder unter dem TCP liegt und wie die Wrists zueinanderstehen. Für einen Einzelpunkt kommen mehrere Konfigurationen in Frage, aber je komplexer die Fahrmuster werden, desto eingeschränkter die Wahlmöglichkeit – vor allem dann, wenn die montierte T-Probe den Sichtkontakt zum Lasertracker nicht verlieren darf.

Um die Gelenkstellungen von Punkten aus der Liste links zu sehen, muss auf diese Punkte ein Doppelklick erfolgen. Die Animation des Fahrweges entfällt und es wird die Situation am Ziel angezeigt (mit Gelenkstellungen wie eingegeben). Bei einem einfachen Klick hingegen simuliert RoboDK lediglich das Anfahren der gewünschten Position und Orientierung, meist auf kürzestem Weg. Nicht selten kommt es dabei vor, dass „unmögliche“ Wege entstehen, die nicht gefahren werden können. Der Roboter...

- fährt zu Positionen unterhalb der Tischplatte oder
- bewegt seine Gelenke so, dass er sich selbst durchfahren würde.

Kollisions-Detektion RoboDK bietet den Vorteil, Kollisionen eines beliebigen Roboterteils mit anderen Teilen zu detektieren. Ist diese Option eingeschaltet, so leuchtet ein grünes Häkchen vor dem Nuklear-Symbol in der oberen Leiste. Bei einer Kollision wird die Animation des Fahrprogramms gestoppt und beide kollidierenden Teile werden rot eingefärbt.

Wenn alle Fahrmuster mit ihren Targets eingestellt und ausreichend in der Simulation getestet wurden, kann mit dem echten Roboter gearbeitet werden. Nach Knopfdruck von „PTP Bewegung ausführen“ leitet RoboDK die Befehle an den UR5 weiter.