



## Grundlagen der Robotik

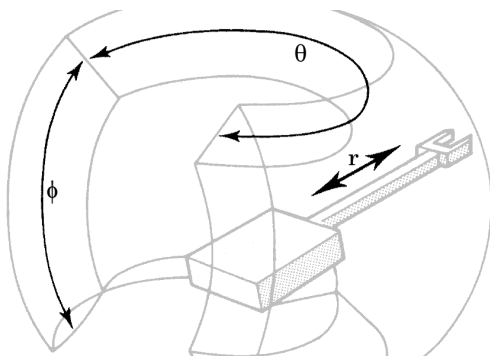
Wintersemester 2015/2016

### Übungsblatt 2

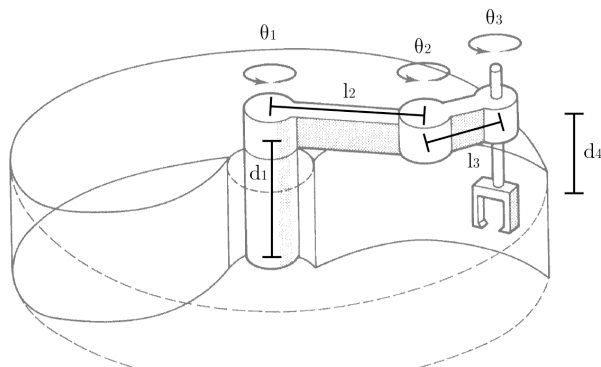
Betreuer: Sebastian Buck und Julian Jordan  
Abgabe: 02.11.2015, Besprechung: 09.11.2015

#### Aufgabe 1 (8 Punkte)

Betrachten Sie die aus der Vorlesung bekannten Roboterarme mit Polar- bzw. SCARA-Geometrie:



Manipulator  $M_1$ : Polar-Geometrie



Manipulator  $M_2$ : SCARA

- (a) Geben Sie die 3D-Endeffektorposition von  $M_1$  für die Werte  $r = 1.5 \text{ m}$ ,  $\theta = 45^\circ$ ,  $\phi = 20^\circ$  an und skizzieren Sie  $M_1$  in dieser Konfiguration. Der Gelenkparameter  $\theta$  sei 0, wenn der Manipulator komplett entlang der  $x$ -Achse ausgestreckt ist und  $\phi$  sei 0, wenn er entlang der  $z$ -Achse ausgestreckt ist. (2 Punkte)
- (b) Lösen Sie nun Aufgabe (a) für  $M_2$  mit  $\theta_1 = 90^\circ$ ,  $\theta_2 = -45^\circ$ ,  $\theta_3 = 45^\circ$ ,  $d_1 = 0.9 \text{ m}$ ,  $l_2 = 0.6 \text{ m}$ ,  $l_3 = 0.3 \text{ m}$ ,  $d_4 = 0.5 \text{ m}$ . Die Gelenkparameter seien 0, wenn der Manipulator komplett entlang der  $x$ -Achse ausgestreckt ist. (3 Punkte)
- (c) Der Endeffektor von  $M_1$  soll den Punkt  $p_1 := (1, -0.5, 0.25)$  erreichen. Berechnen Sie die benötigten Werte von  $\theta$ ,  $\phi$  und  $r$  wobei  $\theta \in [-\pi, \pi[$ ,  $\phi \in [0, \pi]$  und  $r \in [0.5 \text{ m}, 1.5 \text{ m}]$ . Illustrieren Sie Ihre Berechnungen mit einer Skizze. (3 Punkte)

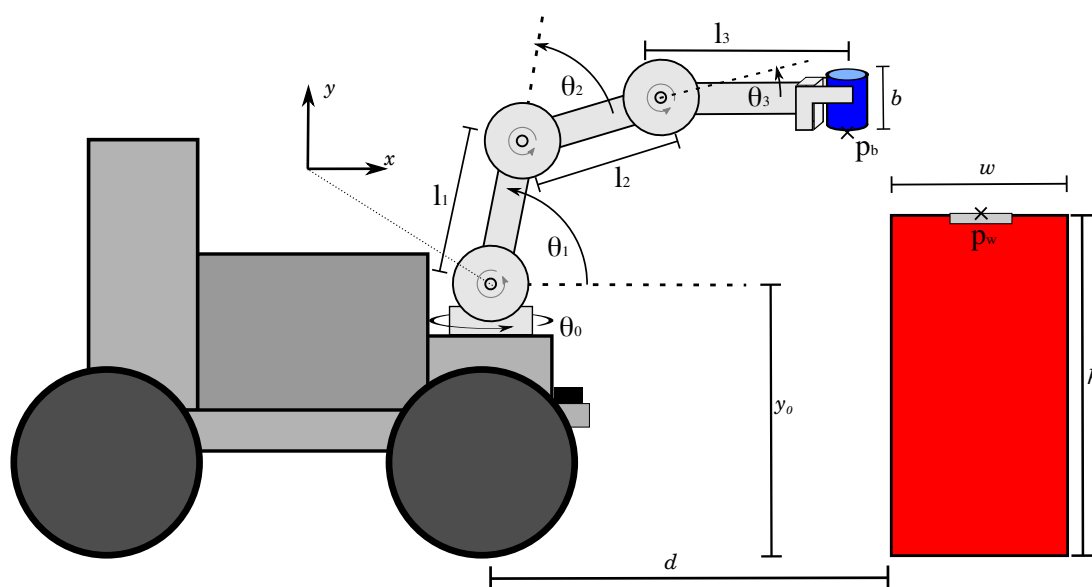
## Aufgabe 2 (12 Punkte)

Die unten stehende Abbildung zeigt einen Manipulator mit vier Gelenken, der auf einem mobilen Roboter montiert ist. Die gültigen Winkelbereiche seien wie folgt definiert:

$$\theta_0 \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right], \theta_1 \in \left[-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}\right], \theta_2 \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right], \theta_3 \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$$

wobei die positive Drehrichtung der Rotationsgelenke in der Skizze vermerkt ist. Die Manipulatorglieder haben die Längen  $l_1 = 23 \text{ cm}$ ,  $l_2 = 16 \text{ cm}$  und  $l_3 = 20 \text{ cm}$ . Das Basisgelenk befindet sich im Koordinatenursprung, in einer Höhe von  $y_0 = 25 \text{ cm}$  über dem Boden.

Aufgabe des ganzen Systems ist es, einen Becher der Höhe  $b = 10 \text{ cm}$  mit einer Bodenprobe auf einer Waage abzustellen, welche mittig auf einem Basisobjekt der Dimensionen  $w \times h = 20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  angebracht ist. Der Becher wird von dem Endeffektor so gehalten, dass der Schwerpunkt des Bechers genau im Zentrum des Endeffektors liegt.



- Über wie viele Mobilitäts- und Freiheitsgrade verfügt der Manipulator des Roboters? (1 Punkt)
- Der Roboter befinde sich in einem leeren Raum (d.h. ohne die Waage). Skizzieren Sie den maximalen Arbeitsraum des Manipulators für  $\theta_0 = 0$ . (3 Punkte)
- Es sei  $\theta_0 = 0$ . Mit wie vielen Gelenkwinkelkombinationen kann der Becher platziert werden ( $p_b = p_w$ ), so dass der Inhalt des Bechers garantiert nicht verschüttet wird? Unterscheiden Sie verschiedene Fälle für  $d$  und ignorieren Sie mögliche Kollisionen. (2 Punkte)
- Der Roboter misst den Abstand  $d = 40 \text{ cm}$  zum Basisobjekt. Berechnen Sie die entsprechenden Winkelkombinationen für Aufgabe (c). Welche dieser Kombinationen sind gültig?  
Hinweis: Kosinussatz. (5 Punkte)
- Der Manipulator soll nun den gefüllten Becher von einem beliebigen Punkt  $p$  nach  $p_w$  bewegen. Welche Bedingungen müssen für die drei Winkel  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  und  $\theta_3$  erfüllt sein, damit der Inhalt des Bechers nicht verschüttet wird? Formulieren Sie die Bedingungen als Randbedingungen für die Gelenkwinkel. (1 Punkt)