



## Grundlagen der Robotik

Wintersemester 2015/2016

### Übungsblatt 12

Betreuer: Sebastian Buck und Julian Jordan  
Abgabe: 01.02.2016, Besprechung: 08.02.2016

#### Aufgabe 1 (8 Punkte)

Ein Objekt soll an die durch folgende Transformationsmatrix beschriebene Position und Orientierung bewegt werden:

$${}^R T_N = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Nach Ausführung der berechneten Bewegung wird durch ein Bildverarbeitungssystem festgestellt, dass die gewünschte Position aufgrund von Ungenauigkeiten in der Gelenksteuerung nicht exakt erreicht wurde. Zur Korrektur muss das Objekt erneut um 0.08 m entlang der  $x_N$ -Achse und um 0.04 m entlang der  $z_N$ -Achse verschoben, sowie um je  $4^\circ$  um die  $x_N$  und  $3^\circ$  um die  $y_N$  Achse gedreht werden.

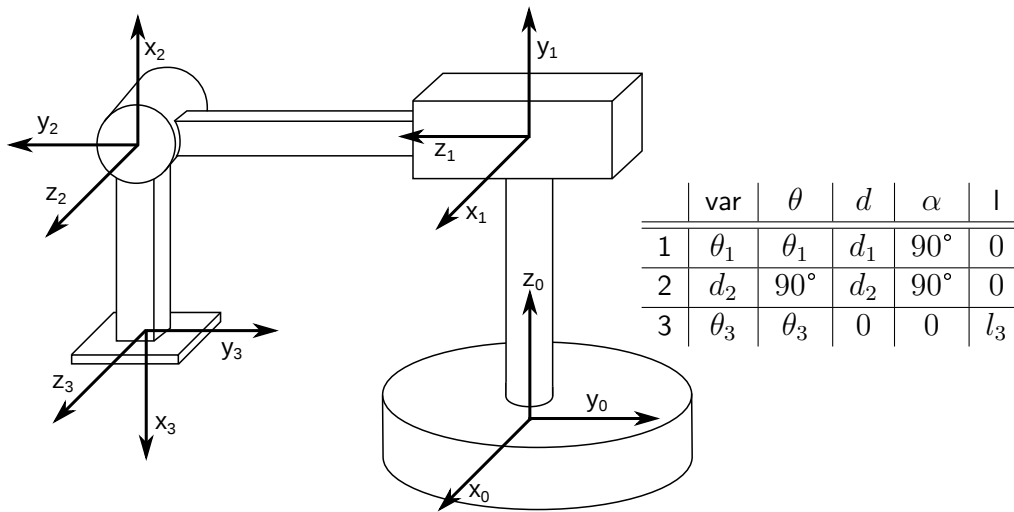
- Bestimmen Sie den differentiellen Bewegungsvektor  ${}^N \mathbf{D}$  und die differentielle Bewegungstransformation  ${}^N \Delta$  bezüglich des Objektframes. (1 Punkt)
- Berechnen Sie die differentielle Lagetransformation  $d{}^R \mathbf{T}_N$ . (1 Punkt)
- Berechnen Sie nun die differentielle Bewegungstransformation  ${}^R \Delta$  und den differentiellen Bewegungsvektor  ${}^R \mathbf{D}$  bezüglich des Referenz-Frames. (2 Punkte)
- Der differentielle Bewegungsvektor  ${}^R \mathbf{D}$  kann alternativ über die allgemeine Bewegungstransformation  ${}^R \mathbf{M}_N$  berechnet werden. Bestimmen Sie dafür zunächst  ${}^R \mathbf{M}_N$  und überprüfen Sie anschließend Ihr Ergebnis aus (c). (2 Punkte)

#### Aufgabe 2 (6 Punkte)

- Stellen Sie die A-Matrix  $A(\theta)$  eines Drehgelenks auf, wobei außer dem Drehwinkel alle Gelenkparameter unbekannt sind. (1 Punkt)
- Bestimmen Sie für dieses Drehgelenk die linearisierte differentielle Bewegungstransformation  $\Delta A(\theta)$ , wenn bekannt ist, dass  $\theta$  nur eine differentielle Rotation ist. (3 Punkte)
- Berechnen Sie die euklidische Distanz zwischen den Positionsvektoren  $(p_x, p_y, p_z)^T$  der Matrizen  $A(\theta)$  und  $\Delta A(\theta)$ . (1 Punkt)
- Berechnen Sie die Distanz für eine Drehung des Drehgelenks um  $1^\circ$ ,  $4^\circ$  und  $16^\circ$ . (1 Punkt)

### Aufgabe 3 (6 Punkte)

Wir betrachten erneut den Manipulator vom letzten Übungsblatt:



- (a) Berechnen Sie die Winkelbeschleunigung des Endeffektors mit der rekursiven Formel (6.54).  
Geben Sie alle Zwischenschritte an. (4 Punkte)
- (b) Berechnen Sie die Winkelbeschleunigung nun durch Ableiten der Winkelgeschwindigkeit  ${}^R\omega_H$  des Endeffektors und verifizieren Sie ihr Ergebnis aus (a). Geben Sie auch hier Zwischenschritte an. (2 Punkte)

Hinweis: Sie finden die Musterlösung der Aufgabe 2 des letzten Übungsblatts in ILIAS.