

Aufgabenblätter zur Klausur

Robotik I: Einführung in die Robotik

am 24. Juli 2017, 18:00 – 19:00 Uhr

- Beschriften Sie bitte gleich zu Beginn jedes Lösungsblatt deutlich lesbar mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer.
- Diese Aufgabenblätter werden nicht abgegeben. Tragen Sie Ihre Lösung deshalb ausschließlich in die für jede Aufgabe vorgesehenen Bereiche der Lösungsblätter ein. Lösungen auf separat abgegebenen Blättern werden nicht gewertet.
- Außer Schreibmaterial sind während der Klausur keine Hilfsmittel zugelassen. Täuschungsversuche durch Verwendung unzulässiger Hilfsmittel führen unmittelbar zum Ausschluss von der Klausur und zur Note „nicht bestanden“.
- Soweit in der Aufgabenstellung nichts anderes angegeben ist, tragen Sie in die Lösungsblätter bitte nur die Endergebnisse ein. Die Rückseiten der Aufgabenblätter können Sie als Konzeptpapier verwenden. Weiteres Konzeptpapier können Sie auf Anfrage während der Klausur erhalten.
- Halten Sie Begründungen oder Erklärungen bitte so kurz wie möglich. (Der auf den Lösungsblättern für eine Aufgabe vorgesehene Platz steht übrigens in keinem Zusammenhang mit dem Umfang einer korrekten Lösung!)
- Die Gesamtpunktzahl beträgt 45 Punkte.

Viel Erfolg und viel Glück!

Aufgabe 1 Quaternionen

(4 Punkte)

Gegeben sei das Quaternion $\mathbf{q} = (0.7, 0.0, 0.7, 0.0)$.

- Das Quaternion \mathbf{q} beschreibt eine Rotation um den Winkel θ mit der Rotationsachse \mathbf{u} . Bestimmen Sie ein mögliches Paar (\mathbf{u}, θ) für das gegebene Quaternion \mathbf{q} . 2 P.

Hinweis: $\sin(\frac{\pi}{4}) = \cos(\frac{\pi}{4}) \approx 0.7$

- Bestimmen Sie das inverse Quaternion \mathbf{q}^{-1} . Nehmen Sie hierzu an, dass \mathbf{q} ein Einheitsquaternion ist. 1 P.

- Zur Interpolation von Quaternionen wird SLERP (*Spherical Linear Interpolation*) eingesetzt. Was ist der Vorteil gegenüber linearer Interpolation und welche Probleme können bei SLERP auftreten? 1 P.

Aufgabe 2 Roboterkinematik

(11 Punkte)

In Abbildung 1 ist ein Roboterarm mit 4 Bewegungsfreiheitsgraden in seiner Ruhestellung mit den Achsen x_i und z_i der rechtshändigen Gelenkkoodinatenysteme dargestellt. Die Segmentlängen sind in Millimetern angegeben.

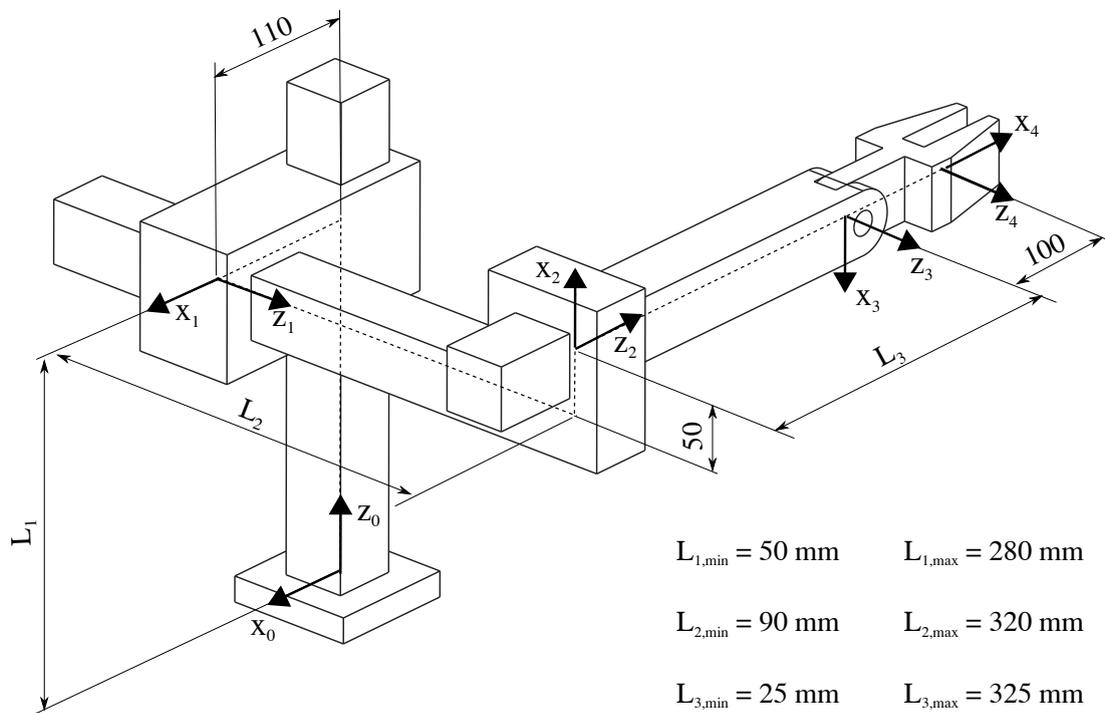


Abbildung 1: Roboterarm in der Ruhestellung

- Vervollständigen Sie die Tabelle im Lösungsblatt, indem Sie alle fehlenden Denavit-Hartenberg-Parameter eintragen. 5 P.

2. Wie viele Rotationsgelenke und wie viele Translationsgelenke besitzt der Roboterarm? 1 P.
3. Welcher geometrischen Form entspricht der Arbeitsraum des Roboterarms näherungsweise, wenn das letzte Gelenk G4 (am Greifer) nicht berücksichtigt bzw. fixiert wird? 1 P.
4. An den Roboterarm soll ein neuer Endeffektor angebracht werden. Bestimmen Sie die Lage des Endeffektor-Koordinatensystems (x_5, y_5, z_5) . Transformieren Sie hierzu das auf dem Lösungsblatt gegebene Koordinatensystem (x_4, y_4, z_4) zeichnerisch in (x_5, y_5, z_5) . Verwenden Sie dabei die folgenden DH-Parameter 3 P.

$$\theta_5 = 90^\circ \quad d_5 = 0 \text{ mm} \quad a_5 = 40 \text{ mm} \quad \alpha_5 = 90^\circ$$

und stellen Sie diese DH-Parameter in Ihrer Zeichnung durch beschriftete Abstände und Winkel dar.

5. Welche Dimension hat die Jacobi-Matrix für einen Roboterarm mit 4 Bewegungsfreiheitsgraden in einem 6D Arbeitsraum? 1 P.

Aufgabe 3 Bahnsteuerung und Bewegungsplanung (8 Punkte)

1. Erläutern Sie den Unterschied zwischen *synchronen* und *asynchronen Punkt-zu-Punkt Bahnen*, sowie den Begriff der *Leitachse*. 1 P.
2. Muss bei einer Bahninterpolation in Weltkoordinaten die inverse Kinematik gelöst werden und wenn ja, wozu? 1 P.
3. Der RRT-Algorithmus soll für die Planung einer kollisionsfreien Bewegung eines mobilen punktförmigen Roboters eingesetzt werden, welcher sich in der (x, y) -Ebene bewegen kann. Die Umgebung des Roboters ist auf dem Lösungsblatt dargestellt, wobei die ausgefüllten Bereiche die Hindernisse markieren (Randpunkte zählen zu den Hindernissen). Ein Zufallsgenerator erzeuge die folgende Punktfolge: 5 P.

$$(5, 11), (10, 7), (2, 9), (5, 11), (5, 1), (13, 5), (11, 11), (12, 11)$$

Führen Sie unter Verwendung der angegebenen Punktfolge den RRT-Algorithmus (unidirektional) durch und zeichnen Sie den dabei entstehenden Baum im Lösungsblatt ein. Verwenden Sie als Startkonfiguration den Punkt $\mathbf{q}_s = (5, 7)$ und als Zielkonfiguration den Punkt $\mathbf{q}_z = (9, 11)$. Erweitern Sie den Baum in jedem Schritt jeweils nur um einen Knoten mit einer Schrittweite $\varepsilon = 2$.

4. Wieso sind *enge Passagen* problematisch für die Bewegungsplanung mit randomisierten Algorithmen? 1 P.

Aufgabe 4 Greifplanung

(7 Punkte)

1. Welche Grifftypen werden bei der Griff-taxonomie nach Cutkosky auf der ersten Ebene unterschieden? 1 P.
2. Beschreiben Sie die Voraussetzungen und Ziele der Griffanalyse sowie der Griffsynthese. 2 P.
3. Beschreiben Sie zwei Kontaktmodelle, welche in der Vorlesung vorgestellt wurden. 2 P.
4. Erläutern Sie den Unterschied zwischen Kraftschluss und Formschluss bei der Griffanalyse. 1 P.
5. Bei der Griffsynthese auf Teilobjekten werden die Objekte durch Einzelteile dargestellt. Nennen Sie zwei Unterteilungsverfahren, welche hierbei zum Einsatz kommen. 1 P.

Aufgabe 5 Bildverarbeitung

(7 Punkte)

1. Welchen mathematischen Operator P_x approximiert die Prewitt-Filtermatrix 1 P.

$$p_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2. Gegeben sei das Graustufenbild B : 2 P.

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 2 & 4 & 4 & 4 \\ 2 & 2 & 2 & 4 & 4 & 4 \\ 2 & 2 & 2 & 4 & 4 & 4 \\ 2 & 2 & 2 & 4 & 4 & 4 \end{pmatrix}$$

Berechnen Sie das Ergebnis der Filterung von B mit dem (3×3) -Mittelwertfilter. Ignorieren Sie im Ergebnisbild die Randpixel, d.h. das Ergebnis ist eine (2×4) -Matrix.

3. Gegeben sei eine Lochkamera in Positivlage mit Brennweite $f = 20\text{mm}$. Sie fotografieren damit ein Objekt aus einem Abstand von 100m zum Projektionszentrum der Kamera. Im entstandenen Bild ist das Objekt $0,5\text{mm}$ hoch. Wie hoch ist das reale Objekt? 3 P.
4. Nennen Sie zwei morphologische Operatoren und beschreiben Sie kurz ihren jeweiligen Effekt. 1 P.

Aufgabe 6 *Symbolisches Planen*

(8 Punkte)

Gegeben sei die folgende STRIPS-Planungsdomäne mit initialem Zustand, Zielzustand und verfügbaren Planungsoperatoren.

Initial state: Table(T), Stove(S), Location(T), Location(S),
Gripper(G), Hand(G), Robot(R), Agent(R), Pan(P),
Empty(G), On(P,T), At(R,S)

Goal state: On(P,S)

Actions:

```
// Agent A nimmt Objekt O mit Hand H von Ort L
pickup(A, O, H, L)
Preconditions: Agent(A), Hand(H), Location(L),
               Empty(H), On(O,L), At(A,L)
Effects:       !On(O,L), !Empty(H), InHand(O,H)
```

```
// Agent A platziert Objekt O mit Hand H auf Ort L
putdown(A, O, H, L)
Preconditions: Agent(A), Hand(H), Location(L),
               InHand(O,H), At(A,L)
Effects:       On(O,L), Empty(H), !InHand(O,H)
```

```
// Agent A bewegt sich von Ort L zu Ort M
move(A, L, M)
Preconditions: Agent(A), Location(L), Location(M), At(A,L)
Effects:       !At(A,L), At(A,M)
```

Hinweis: Ein Ausrufezeichen negiert ein Prädikat.

1. Geben Sie die kürzeste Aktionssequenz an, die den initialen Weltzustand in den Zielzustand überführt. Achten Sie dabei auf die korrekte Parametrisierung der Aktionen. 4 P.

2. Erstellen Sie einen Planungsoperator 2 P.

`moveAndPickup(A, O, H, L, M),`

der den Agenten A von Ort L nach M bewegt und von dort das Objekt O mit der Hand H aufnimmt. Verwenden Sie dabei die STRIPS-Notation und geben Sie geeignete Vorbedingungen und Effekte an.

3. Wie lautet der Weltzustand nach Ausführung der Aktion 2 P.

`moveAndPickup(R, P, G, S, T)`

bei dem vorgegebenen Initialzustand?

Lösungsblätter zur Klausur

Robotik I: Einführung in die Robotik

am 24. Juli 2017, 18:00 – 19:00 Uhr

Name:	Vorname:	Matrikelnummer:
-------	----------	-----------------

Aufgabe 1	von 4 Punkten
Aufgabe 2	von 11 Punkten
Aufgabe 3	von 8 Punkten
Aufgabe 4	von 7 Punkten
Aufgabe 5	von 7 Punkten
Aufgabe 6	von 8 Punkten

Gesamtpunktzahl:	
-------------------------	--

	Note:
--	--------------

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

2

Aufgabe 1 *Quaternionen*

1. Winkel θ und Rotationsachse \mathbf{u} :

2. Inverses Quaternion \mathbf{q}^{-1} :

3. SLERP (Vorteil und Probleme):

Aufgabe 2 *Roboterkinematik*

1. DH-Parameter des Roboters:

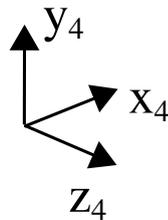
<i>Gelenk</i>	θ_i [°]	d_i [mm]	a_i [mm]	α_i [°]
G1	0	d_1	110	-90
G2				
G3				
G4			100	0

2. Anzahl der Rotationsgelenke:

Anzahl der Schubgelenke:

3. Arbeitsraum:

4. Transformation zwischen (x_4, y_4, z_4) und (x_5, y_5, z_5) :



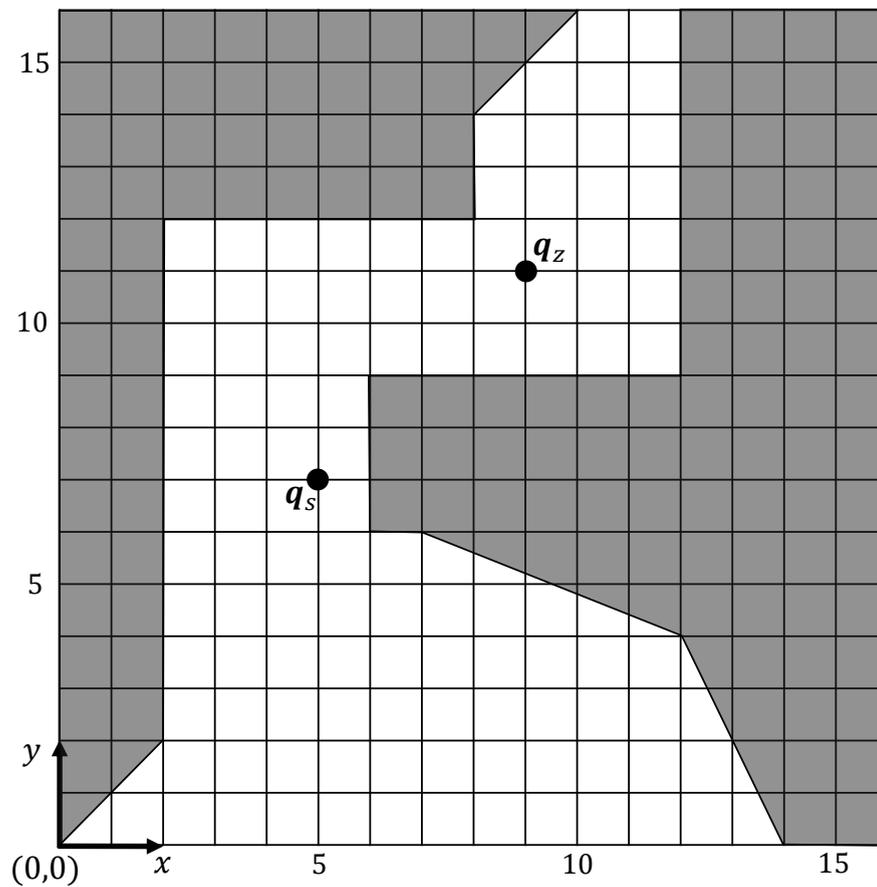
5. Dimension der Jacobi-Matrix eines Roboterarms mit 4 Bewegungsfreiheitsgraden in einem 6D Arbeitsraum:

Aufgabe 3 *Bahnsteuerung und Bewegungsplanung*

1. Synchroner und asynchroner Punkt-zu-Punkt Bahnen / Leitachse

2. Inverse Kinematik bei Bahninterpolation in Weltkoordinaten

3. RRT-Algorithmus



4. Enge Passagen:

Aufgabe 4 *Greifplanung*

1. Grifftypen der ersten Ebene bei der Grifftaxonomie nach Cutkosky:

2. Griffanalyse und Griffsynthese:

3. Kontaktmodelle:

4. Unterschied zwischen Kraftschluss und Formschluss:

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

7

Aufgabe 6 *Symbolisches Planen*

1. Aktionssequenz:

2. Neuer Aktionsoperator:

3. Weltzustand nach `moveAndPickup(R, P, G, S, T)`: