

Aufgabenblätter zur Klausur

Robotik I – Einführung in die Robotik

am 13. April 2016, 11:00 – 12:00 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. Zum Bestehen der Klausur sind mindestens 20 Punkte zu erreichen.

Viel Erfolg und viel Glück!

Aufgabe 1 *Rotationen*

(6 Punkte)

Gegeben sei die 3×3 Rotationsmatrix R

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 0.7 & 0.7 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -0.7 & 0.7 \end{pmatrix}$$

1. Berechnen Sie die zur Rotationsmatrix R gehörenden *RPY*-Winkel (*XYZ*-Konvention). Geben Sie den Rechenweg an und runden Sie sämtlich Werte auf eine Dezimalstelle. 3 P.

Hinweis:

$$\begin{aligned} \sin(0) &= 0 & \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) &= 0.7 & \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) &= 1 & \sin(\pi) &= 0 \\ \cos(0) &= 1 & \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) &= 0.7 & \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) &= 0 & \cos(\pi) &= -1 \end{aligned}$$

2. Die obige Rotationsmatrix R und der Translationsvektor $t = (100, 300, 100)^T$ definieren die Lage des lokalen Koordinatensystems *OKS* im Weltkoordinatensystem *WKS*. Geben Sie die homogene Transformationsmatrix ${}^{WKS}T_{OKS}$ an. 1 P.
3. Der Punkt $p = (-200, 100, 100)^T$ sei im Weltkoordinatensystem definiert. Transformieren Sie p in das lokale Koordinatensystem *OKS* aus Aufgabenteil 1.2. Geben Sie den Rechenweg an und runden Sie sämtlich Werte auf eine Dezimalstelle. 2 P.

Aufgabe 2 *Arbeitsraum*

(4 Punkte)

1. Wie sind der Konfigurationsraum und der Arbeitsraum eines Roboters definiert? 1 P.
2. Ordnen Sie die in Abbildung 1 dargestellten Roboter 1, 2 und 3 den zugehörigen Arbeitsräumen a, b und c zu. 3 P.

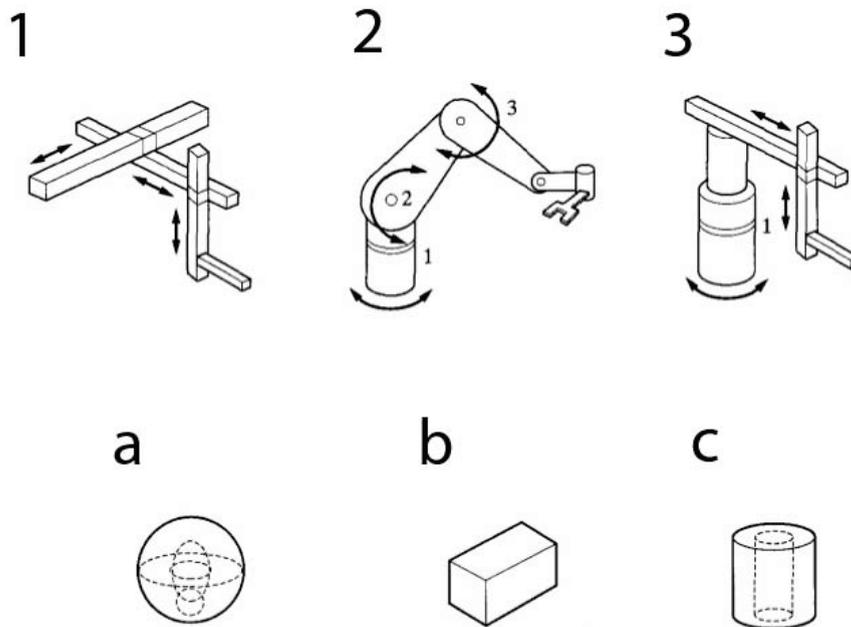


Abbildung 1: Roboter und Arbeitsräume

Aufgabe 3 *Bahnplanung*

(8 Punkte)

1. Wie unterscheiden sich die Planungsverfahren *Probabilistic Roadmaps (PRM)* und *Rapidly Exploring Random Trees (RRT)*? 2 P.
2. Der RRT-Algorithmus soll für die Planung einer kollisionsfreien Bewegung eines punktförmigen Roboters eingesetzt werden. Der Roboter kann sich in der (x, y) Ebene bewegen. Die Umgebung des Roboters ist auf dem Lösungsblatt dargestellt, wobei die ausgefüllten Rechtecke die Hindernisbereiche markieren (Randpunkte zählen zu den Hindernissen). 6 P.

Ein Zufallsgenerator erzeugt die folgende Sequenz an Punkten:

$(9, 10), (4, 10), (5, 14), (2, 10), (3, 7), (9, 13), (5, 14), (9, 15), (9, 7), (12, 8), (10, 14)$

Führen sie unter Verwendung der angegebenen Punktsequenz den RRT-Algorithmus (unidirektional) aus und zeichnen sie den dabei entstehenden Baum in die Grafik auf dem Lösungsblatt ein. Verwenden Sie als Startkonfiguration den Punkt $(7, 10)$, als Zielkonfiguration den Punkt $(10, 14)$ und zwei Gittereinheiten für die Schrittweite ϵ .

Aufgabe 4 ICP

(6 Punkte)

Die in Abbildung 2 dargestellte Punktwolke $P = \{p_0, p_1, p_2\}$ soll mit dem Dreieck $V = \{v_0, v_1, v_2\}$ unter Verwendung des *Iterative Closest Point (ICP)* Algorithmus in Überdeckung gebracht werden.

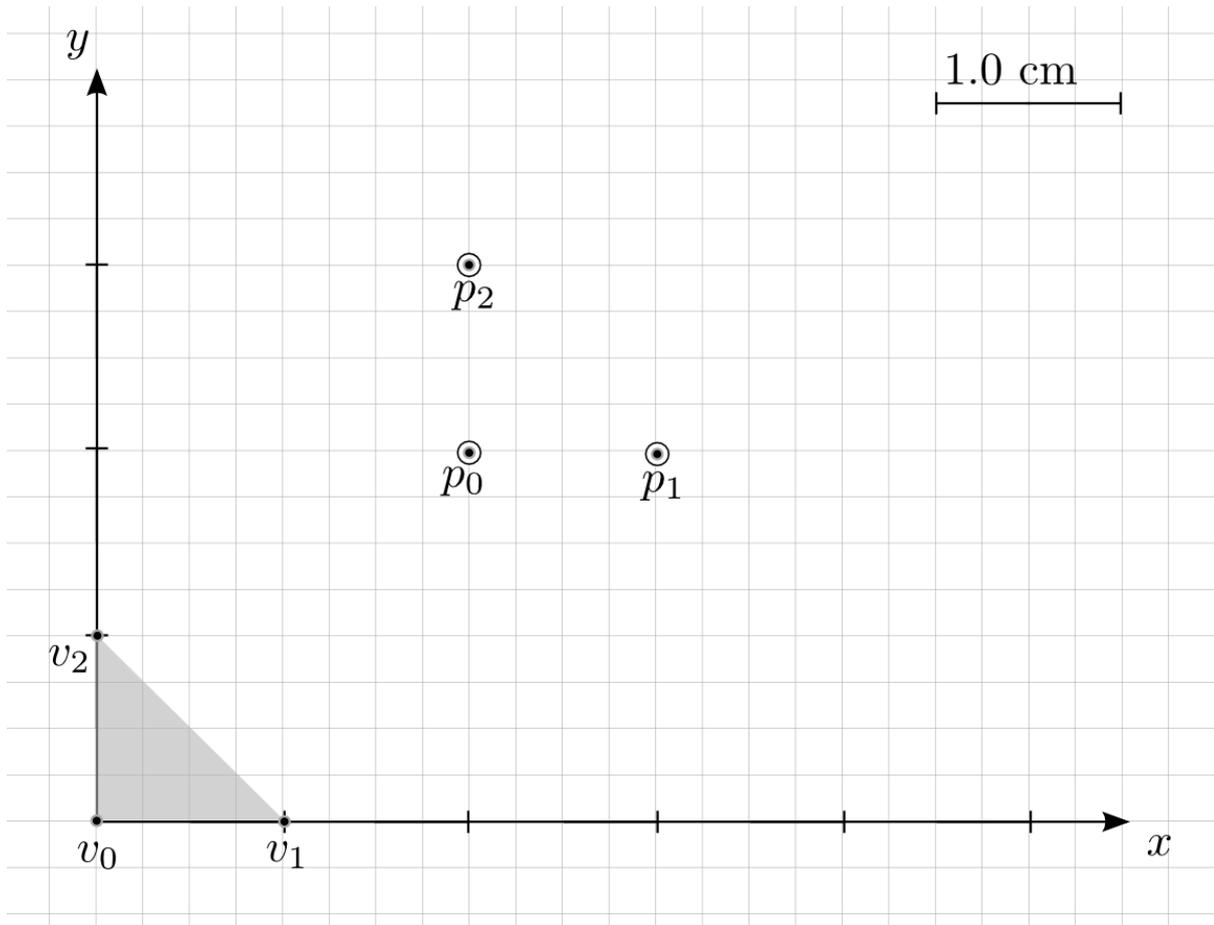


Abbildung 2: Punktwolke $P = \{p_0, p_1, p_2\}$ und Dreieck $V = \{v_0, v_1, v_2\}$

1. Stellen Sie die Fehlerfunktion F_T für den ICP-Algorithmus auf. 2 P.
2. Zur Lösung des Problems soll der ICP-Algorithmus mit einem Gradientenverfahren verwendet werden. Bestimmen Sie den Gradienten für die vereinfachte Fehlerfunktion 2 P.

$$F_T' = (\|v_0 - p_0\|)^2.$$

3. Geben Sie für den ICP-Algorithmus aus Aufgabenteil 4.2 die Funktion an, welche V an P mit einer Schrittweite α annähert. Zeichnen Sie für $\alpha = 0.25$ die ersten zwei Iterationen ein. Tragen Sie Ihre Lösung im Diagramm auf dem Lösungsblatt ein. 2 P.

Aufgabe 5 *Bildverarbeitung* (7 Punkte)

1. Beschreiben Sie die morphologischen Operationen *Erosion* und *Dilatation*. 2 P.
2. Geben Sie die (3×3) -Filtermasken der Prewitt-X und Prewitt-Y Filter an. 2 P.
3. Gegeben sei das Graustufenbild B : 3 P.

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

und das Gauß-Filter

$$F = \frac{1}{16} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

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

Aufgabe 6 *Roboterprogrammierung* (3 Punkte)

1. Nennen Sie zwei Verfahren der on-line Roboterprogrammierung. 1 P.
2. Beschreiben Sie die Grundidee der interaktiven Roboterprogrammierung. Geben Sie hierzu die einzelnen Schritte an. 2 P.

Aufgabe 7 *Modellierung* (3 Punkte)

1. Nennen Sie den Unterschied zwischen direkter und inverser Kinematik. 1 P.
2. Nennen Sie die Vorteile und Nachteile der Voxeldarstellung bei der Objektmodellierung. 2 P.

Lösungsblätter zur Klausur

Robotik I – Einführung in die Robotik

am 13. April 2016, 11:00 – 12:00 Uhr

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

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

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

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

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

2

Aufgabe 1

1.

2.

3.

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

3

Aufgabe 2

1.

2. Roboter 1:

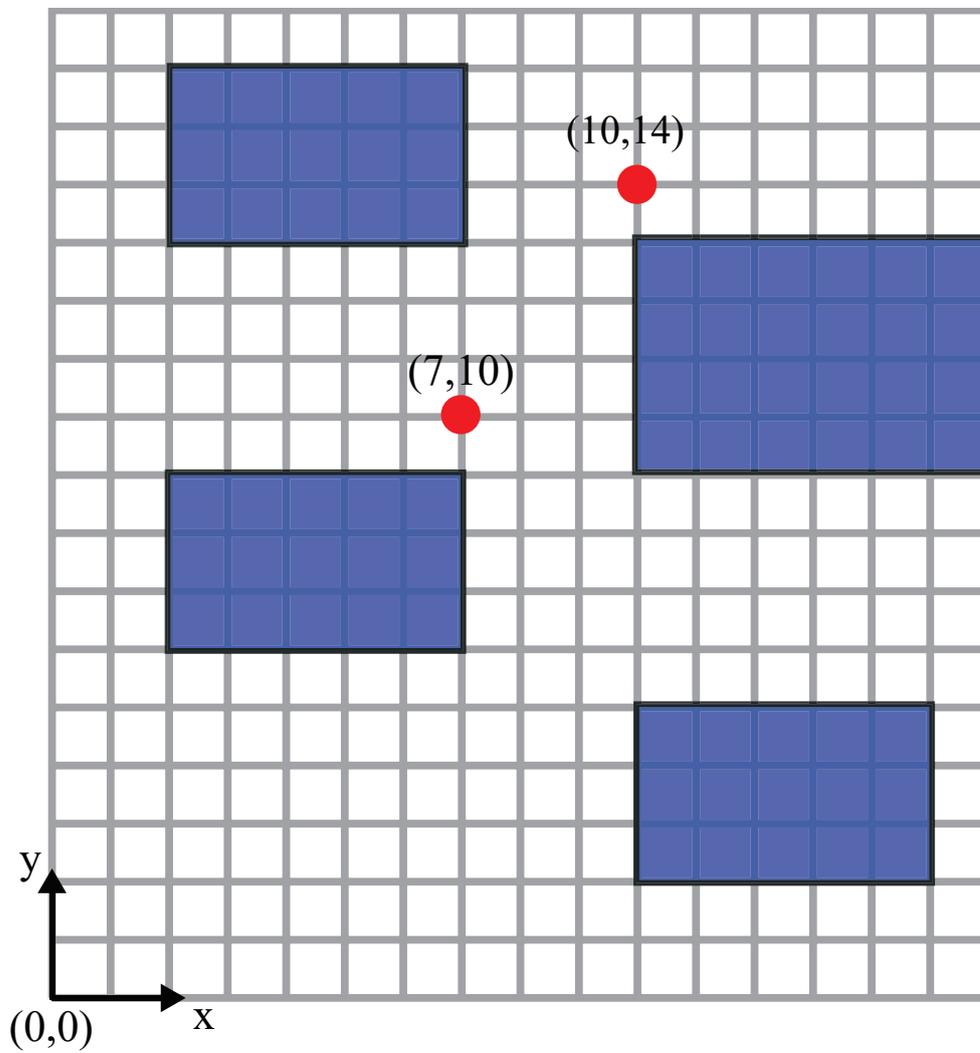
Roboter 2:

Roboter 3:

Aufgabe 3

1.

2. Führen sie unter Verwendung der Samplingpunkte aus dem Aufgabenblatt den RRT Algorithmus aus und zeichnen sie den dabei entstehenden Baum in die unten angegebene Grafik ein.

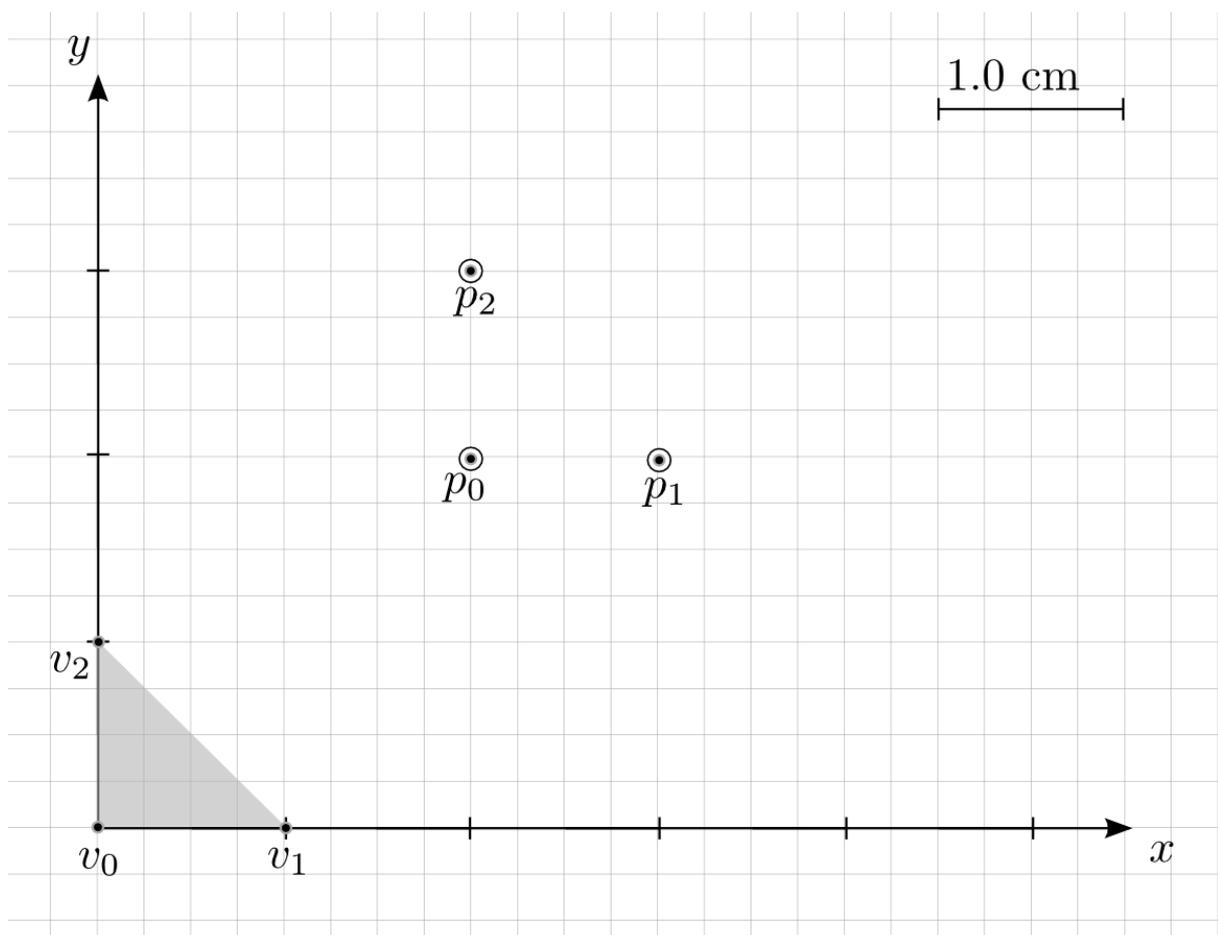


Aufgabe 4

1.

2.

3.



Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

6

Aufgabe 5

1.

2.

3.

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

7

Aufgabe 6

1.

2.

Aufgabe 7

1.

2.

Aufgabe 8

Beantworten Sie die folgenden Fragen, indem sie entweder richtig oder falsch ankreuzen. Für jede korrekte Antwort erhalten Sie 0,5 Punkte. Jede nicht beantwortete Frage wird mit 0 Punkten bewertet. Für jede falsche Antwort werden Ihnen 0,5 Punkte abgezogen. Die minimale erzielbare Punktzahl beträgt 0 Punkte.

1.

<i>Antriebe</i>	<i>richtig</i>	<i>falsch</i>
Ein pneumatischer Antrieb benötigt ein Getriebe.		
Ein pneumatischer Antrieb bietet schlechte Positioniergenauigkeit.		
Ein hydraulischer Antrieb kann sehr große Kräfte aufbringen.		
Elektrische Antriebe haben eine hohe Positionier- und Wiederholgenauigkeit.		

2.

<i>Greifen</i>	<i>richtig</i>	<i>falsch</i>
Die menschliche Hand besitzt insgesamt 15 Bewegungsfreiheitsgrade.		
In der Cutkosky-Grifftaxonomie wird zwischen Präzisionsgriffen und Kraftgriffen unterschieden.		
Ein Kontakt ohne Reibung existiert in der Robotik nicht.		
Jedes Objekt kann durch einen auf drei Kontaktpunkten basierenden Fingerspitzengriff kraftgeschlossen gegriffen werden.		

3.

<i>Bahnsteuerung und Bewegungsplanung</i>	<i>richtig</i>	<i>falsch</i>
Bei einer Bahnsteuerung durch Interpolation in Weltkoordinaten muss die inverse Kinematik gelöst werden.		
Ein quaderförmiges Hindernis im Arbeitsraum entspricht einem quaderförmigen Hindernis im Konfigurationsraum.		
Ein probabilistisch vollständiges Bahnplanungsverfahren kann ermitteln, ob keine Lösung existiert.		
RRTs sind probabilistisch vollständig.		

4.

<i>Bildverarbeitung</i>	<i>richtig</i>	<i>falsch</i>
Der RGB-Farbraum bildet eine additive Farbmischung ab.		
Ein Gauß-Filter ist ein Tiefpassfilter.		
Der Prewitt-Filter ist ein einfaches Segmentierungsverfahren.		
RANSAC und SLAM sind iterative Algorithmen zur Schätzung von Modellparametern aus Datenpunkten.		