

Name	Vorname	Matr.-Nr.	Datum	Note
				2,0

Ist dies Ihr letzter Prüfungsversuch (Bitte ankreuzen)? Ja  nein

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, 1 Blatt handgeschriebene Formelsammlung  
Bearbeitungszeit: 90 Minuten

$\Sigma: 48$

Bitte beantworten Sie die folgenden 20 Fragen innerhalb der vorgegebenen Zeilen:

1. Nennen Sie drei sinnvolle Einsatzgebiete von Servicerobotern.

- Bodenreinigung

- Rasenmäher

- Lieferservice

✓

3/3

2. Nennen Sie drei Nachteile von Verbrennungsmotoren gegenüber Elektromotoren hinsichtlich ihres Einsatzes in mobilen Robotern:

- Laut

- nicht für Innenräume geeignet

- Wartungsaufwändiger

✓

3/3

3. Ein mobiler Roboter kann sich nur in der xy-Ebene bewegen. Die maximale Bahngeschwindigkeit betrage  $v_{\max}$ . Geben Sie eine nicht-holonome Zwangsbedingung abhängig von  $x$ ,  $y$ , und  $v_{\max}$  an?

$$\frac{\Delta z}{\Delta t} = 0$$


---


$$\sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)^2} \leq v_{\max} \quad \checkmark$$


---



---



---

3/3

4. Ordnen Sie die folgenden Kinematiken mobiler Roboter hinsichtlich Ihrer Schlupfempfindlichkeit (geringste Schlupfempfindlichkeit oben): Dreiradantrieb, Antrieb mit Allseitenrädern, Mecanum-Antrieb. Begründen Sie stichpunktartig die Reihenfolge.

- Dreiradantrieb

---

- Antrieb mit Allseitenrädern

---

- Mecanum-Antrieb

---

- Dreiradantrieb zeigen alle Räder in Fahrtrichtung nur von Wheel ange-

---

trieben, Allseitenräder sind Räder versetzt können aber in die anderen Richtungen abrollen, Mecanum-Antrieb wird die Kraft um  $45^\circ$  verdreht aber durch entsteht eine starke Scherkräfte.  $\checkmark$

5. Ein Roboter mit Allseitenantrieb ( $L = 20 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ) soll mit der Bahngeschwindigkeit  $v = 40 \text{ cm/s}$  in  $x$ -Richtung bezogen auf das Roboterkoordinatensystem bewegt werden, die Winkelgeschwindigkeit sei null. Welche Geschwindigkeit  $v_1$  muss dazu das Rad vorne rechts aufweisen?

$$v_1 = -\cos(60^\circ) \cdot v_{\text{R}} + \sin(60^\circ) \cdot v_{\text{R}} + L \cdot \omega$$

$v_{\text{R}} = 0 \Rightarrow 0$        $\omega = 0 \Rightarrow 0$

---

$$v_1 = -\cos(60^\circ) \cdot 40 \text{ cm/s}$$


---

$$v_1 = -20 \text{ cm/s} \quad \checkmark$$

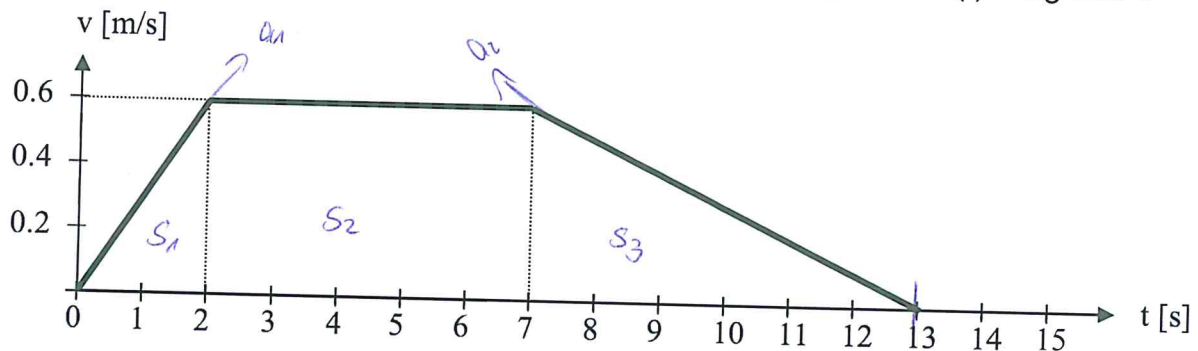

---



---

3/3

6. Ein mobiler Roboter bewege sich entsprechend dem folgenden  $v(t)$ -Diagramm:



Welchen Weg hat er nach 13 s zurückgelegt?

$$a_1 = v_{\max} / t_1 = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} / 2 \text{ s} = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$s_1 = v^2 / 2a_1 = (0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 / 2 \cdot 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,6 \text{ m}$$

$$s_2 = v \cdot t = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5 = 3 \text{ m}$$

$$a_2 = v_{\max} / t = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 6 \text{ s} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$s_3 = v^2 / 2a_2 = (0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 / 2 \cdot 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,8 \text{ m}$$

$$s = s_1 + s_2 + s_3 = 0,6 \text{ m} + 3,0 \text{ m} + 1,8 \text{ m} = 5,4 \text{ m} \checkmark$$

3/3

7. Warum ist der Lageregler für einen nicht-holonomen Roboter ein nicht-lineares System?

Weil die Zusammenhänge von Positionswandel der auszuführenden Position und Geschwindigkeit bzw. u. Beschleunigung nicht-linear ist.

Ein nicht-holonomes Roboter kann sich nicht frei in alle Richtungen bewegen.  $\checkmark$

3/3

8. Wodurch treten bei Infrarot-Sensoren Störsignale auf und wie können diese unterdrückt werden?

Es kann eine Totalreflektion des Signals auftreten.

1/3

Die Wellenlänge könnte verändert werden, ~~so wie die~~ (1)

9. Welchen grundsätzlichen Nachteil weist eine lokale Lokalisierung eines mobilen Roboters gegenüber einer globalen Lokalisierung auf, und wodurch kann dieser Nachteil vermindert werden?

Die lokale Lokalisierung geht immer von einem bekannten Startpunkt aus von dem die Roboterposition durch Odometrie bestimmt wird, weist unimodal.

3/3

Bei der globalen Lokalisierung hingegen wird anhand von Messdaten, mit mehreren Wahrscheinlichkeiten (multimodal) nach und nach ermittelt wo sich der Roboter befindet. Bei der lokalen Lokalisierung ist demnach die

Wahrscheinlichkeit höher seine Position zu verlieren, aber durch Anwendung eines Kalman-Filter kann auch dies multimodal gearbeitet werden. ✓

10. Ein mobiler Roboter befinde sich an der Position  $x_r = 2\text{m}$ ,  $y_r = 3\text{m}$  und sein Ausrichtung betrag  $120^\circ$ . Geben Sie die globalen Koordinaten eines punktförmigen Hindernisses an, das im Abstand  $d = 4\text{m}$  unter einem Winkel von  $90^\circ$  links zur Roboterausrichtung erkannt wird?

↳ -4m in y-Richtung

$$x = x_r + \sin(120^\circ) \cdot d \quad y = y_r + \cos(120^\circ) \cdot d$$

$x_p = 0$   
 $x_p = +4$  }  $d$   
 $\Rightarrow +4$   
 $0,27\text{m}$   $0,27\text{m}$  ✓

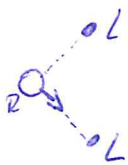
3/3

$$y = y_r + \cos(120^\circ) \cdot d = 3\text{m} + \cos(120^\circ) \cdot 4\text{m} = 1\text{m}$$

11. Was versteht man unter Sensorfusion, und wie wird sie realisiert?

Bei der Sensorfusion werden Messdaten von zwei oder mehreren Sensoren zusammen verarbeitet um Messungenauigkeit zu verringern. Für die Realisierung könnte man bei zu den Odometrie-daten die in einem Kalman filter verarbeitet werden weitere Daten z.B. aus einem Abstandsensor hinzuziehen. ✓ 3/3

12. Ein mobiler Roboter besitze einen Sensor, mit dem nur die Richtung zu einer Landmarke eindeutig bestimmt werden kann. Wie viele Landmarken muss ein Roboter zu seiner dreidimensionalen Lokalisierung ( $x, y, \vartheta$ ) mindestens erfassen, wenn die Position jeder Landmarke im Raum bekannt ist (Begründen Sie Ihre Antwort)?

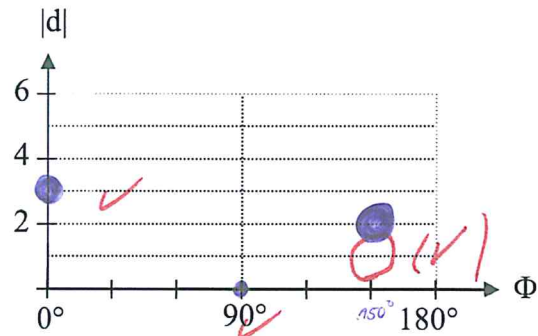
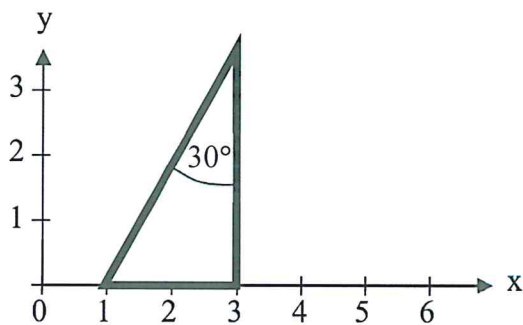


Der Roboter benötigt wenn er nur die Richtung bestimmen kann zwei Landmarken zur Lokalisierung. Weil wenn der Roboter sich im gleichen Winkel von einer Landmarke entfernen würde, verändert sich automatisch der andere Winkel. Auch im gleichen Abstand um eine Landmarke <sup>gefahren</sup> würde sich der Winkel zu ändern. (Triangulation) 0/3

13. Mit welchem mathematischen Verfahren wird bei GPS die Entfernung zu einem Satelliten bestimmt, und welche Vorteile bietet dieses Verfahren gegenüber einer einfachen Laufzeitmessung?

~~Beim GPS werden die Koordinaten mit Hilfe anderer~~  
Beim GPS werden Pseudo-Noise (PN) Codes <sup>mit denen</sup> ~~generiert~~ <sup>verarbeitet</sup> durch Phasendifferenz die Entfernung ermittelt wird. Es werden Signale in regelmäßigen abständen gemessen, dadurch sind in gleiches Zeit mehr Messungen möglich, dadurch reduziert sich der Fehler. ✓ 3/3

14. Tragen Sie in das rechte Diagramm näherungsweise die Hough-Transformierte der links fett dargestellten Kontur ein:



15. Geben Sie für den Ereignisraum der Würfelergebnisse  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  zwei disjunkte Ereignisse A und B an, die dieselbe Wahrscheinlichkeit haben.

1/3

$$A = \{1, 4, 5\}$$

$$B = \{2, 4, 6\} \quad \text{Nicht disjunkt!}$$

16. Eine diskrete Zufallsvariable  $x$  kann entweder den Wert 1 oder den Wert 5 jeweils mit gleicher Wahrscheinlichkeit annehmen. Wie groß ist die Varianz von  $x$ ?

0/3

$$\text{var}(x) = \lim_{N \rightarrow \infty} \left( \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} [x(k)]^2 \right) - [E(x)]^2$$

17. Eine Urne enthalte drei rote und zwei schwarze Kugeln? Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit in vier Versuchen mit Zurücklegen genau einmal eine schwarze Kugel zu ziehen?

1/3

$$p(x=k) = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k} \quad \checkmark \quad n=4 \quad k=2 \quad p = \frac{2}{5}$$

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k! \cdot (n-k)!} = \frac{24}{2 \cdot 2} = 6$$

$$p(x=k) = 6 \cdot \left(\frac{2}{5}\right)^2 \cdot \left(\frac{3}{5}\right)^2 = 0,35$$

18. Wie sieht die Messmatrix  $H$  eines Systems aus, das durch drei Zustandsgrößen  $x_1$ ,  $x_2$  und  $x_3$  beschrieben wird und bei dem sich die einzige Messgröße  $z$  als Linearkombination  $z = x_1 + 3 \cdot x_2$  darstellen lässt?

$$H = (1 \ 3 \ 0) \quad \checkmark$$

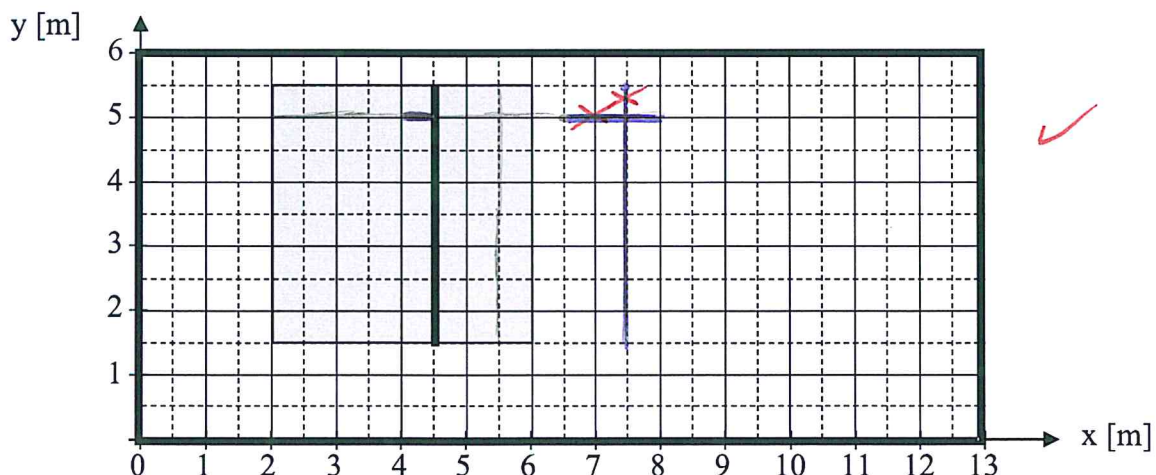
3/3

19. Was versteht man unter einem Markov Prozess?

Der Markov-Prozess kann als gedächtnislos bezeichnet werden, da alle möglichen zukünftigen Zustände nur von den aktuellen Systemzustand und dem aktuellen Messwert abhängt.   
 Vergangene Systemzustände <sup>als Messwerte</sup> sind nicht bekannt.  $\checkmark$

3/3

20. Ein mobiler Roboter befinde sich innerhalb der hellgrau eingezeichneten Fläche und besitze einen fehlerfreien Abstandssensor, der eine Entfernung von exakt 1 m zum jeweils nächsten durch eine breite Linie gekennzeichneten Hindernis anzeigt. Anschließend bewege sich der Roboter exakt um 2 m in positive x-Richtung, ohne dass eine Kollision erfolgt. Markieren Sie in dem Diagramm alle Punkte, an denen der Roboter sich nach der Bewegung aufhalten könnte:



3/3

