

Name	Vorname	Matr.-Nr.	Datum	Note
				1,7 <i>Bo</i>

Ist dies Ihr letzter Prüfungsversuch (Bitte ankreuzen)?  Ja  nein *31.3.23*

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

*Σ: 45*

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

1. Nennen Sie drei sinnvolle Einsatzgebiete von Servicerobotern.

*Museums - Führer*

*Krankengpflege*

*Staubsauger ✓*

*3/3*

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

*- laut ✓*

*- nicht geeignet für Innenräume Warum?*

*- CO2 Emissionen ✓*

*2/3*

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?

$$\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \leq v_{\max} \quad \checkmark$$

3/3

4. Ordnen Sie die folgenden Kinematiken mobiler Roboter hinsichtlich Ihrer Schlupfempfindlichkeit (geringste Schlupfempfindlichkeit oben):

Dreiradantrieb, Killough-Antrieb, Mecanum-Antrieb

- Dreiradantrieb

- Killough-Antrieb

- Mecanum-Antrieb  $\checkmark$

3/3

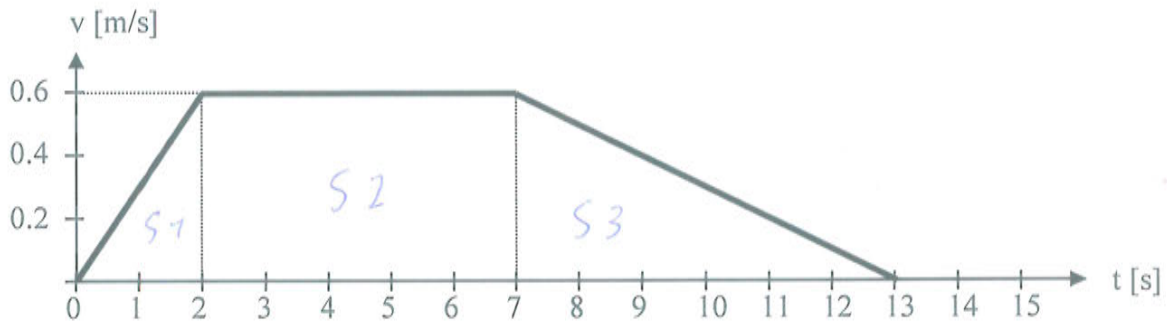
5. Ein Roboter mit Killough-Antrieb ( $L = 20 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ) soll mit der Bahngeschwindigkeit  $v = 40 \text{ cm/s}$  in x-Richtung bewegt werden, die Winkelgeschwindigkeit sei null. Welche Geschwindigkeit  $v_1$  muss dazu das Rad vorn rechts aufweisen?

$$v_1 = -\cos(60^\circ) \cdot v_{xR} + \sin(60^\circ) \cdot v_{yR} + L \cdot \omega \quad | \quad \omega = 0!$$

$$v_1 = -\cos(60^\circ) \cdot 40 \text{ cm/s} = -20 \text{ cm/s}$$

2/3

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



Welchen Weg hat er nach 13 s zurückgelegt?

$$t = \frac{v_{\max}}{a} \Rightarrow a_1 = \frac{0,6 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 0,3 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \underline{s_1 = 0,3 \text{ m/s}^2 \cdot (2 \text{ s})^2 = 1,2 \text{ m}}$$

$$\underline{s_2 = v \cdot t = 0,6 \text{ m/s} \cdot (7 \text{ s} - 2 \text{ s}) = 3 \text{ m}}$$

$$\underline{\alpha_3 = \frac{0,6 \text{ m/s}}{(13-7) \text{ s}} = 0,1 \text{ m/s}^2 \Rightarrow s_3 = 0,1 \text{ m/s}^2 \cdot (13 \text{ s} - 7 \text{ s})^2 = 3,6 \text{ m}}$$

$$\underline{s_{\text{ges}} = 1,2 \text{ m} + 3 \text{ m} + 3,6 \text{ m} = 7,8 \text{ m}}$$

7. Warum ist der Lageregler eines nicht-holonomen Roboters ein nicht-lineares System?

Das liegt daran, dass die  $v_{\text{Soll}}$  und  $\omega_{\text{Soll}}$  zu ihren  
IST-Größen nicht linear sind. **Genauer!**

8. Wie können bei Infrarot-Sensoren Störsignale unterdrückt werden?

Durch die Modulation der Lichtquelle und des Empfängers auf die selbe Frequenz, können Störsignale unterdrückt werden. ✓

3/3

9. Welchen grundsätzlichen Nachteil weist eine lokale Lokalisierung eines mobilen Roboters gegenüber einer globalen Lokalisierung auf?

Bei einer globalen Lokalisierung werden in jedem Zeitschnitt eine Vielzahl möglicher Hypothesen bezüglich einer angenommenen Roboterposition berechnet und die Wahrscheinlichste ausgewählt. Das ist multimodal.

3/3

Lokale Lokalisierung dagegen hat nur eine mögliche Hypothese die fortlaufend geschätzt wird. ✓

10. Ein mobiler Roboter befinde sich an der Position  $x = 2\text{m}$ ,  $y = 3\text{m}$  und sein Ausrichtung betrag  $120^\circ$ . Geben Sie die globalen Koordinaten eines punktförmigen Hindernisses an, das im Abstand  $d = 4\text{m}$  exakt querab zur RoboterAusrichtung erkannt wird?

$$x_{\text{global}} = x - d \cdot \sin(\alpha) = 2\text{m} - 4\text{m} \cdot \sin(120^\circ) = -1,464\text{m}$$

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

3/3

11. Was versteht man unter Sensorfusion?

Die Kombination der Messdaten mehrerer Sensoren mit dem Ziel Messungenauigkeiten zu verringern ✓

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?

Man benötigt mind. 2 Landmarken wenn man Richtung und Entfernung gegeben hat.

Wenn nur die Richtung gegeben ist, so braucht man mind. 3 Landmarken ✓

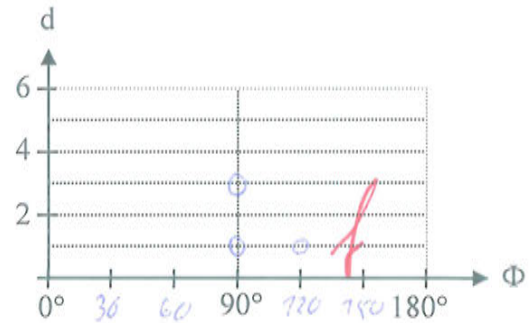
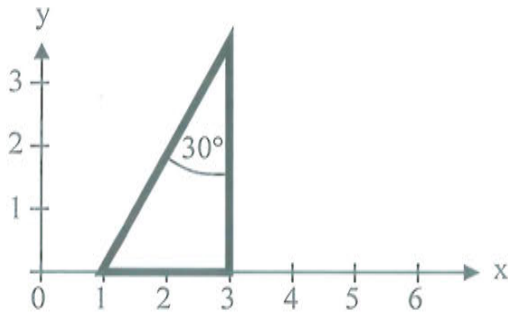
3/3

13. Mit welchem mathematischen Verfahren wird bei GPS die Laufzeit eines Signals zu einem Satelliten mit hoher Genauigkeit bestimmt?

Durch Korrelation der bekannten vom Satelliten abgestrahlten Pseudo-Noise (PN) Sequenz im Empfänger und Ermittlung der Zeitlage des Maximumwertes ✓

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.

3/3

$$A \{1, 3, 5\}$$

$$B \{2, 4, 6\}$$

16. Mit welcher Formel lässt sich die Varianz  $\text{var}(x)$  einer diskreten Zufallsvariablen  $x$  aus der Wahrscheinlichkeitsfunktion  $p(x)$  bei bekanntem Erwartungswert  $E(x)$  berechnen?

3/3

$$\text{Var}(x) = \sum (x^{(i)})^2 \cdot p^{(i)} - [E(x)]^2$$

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

$$4 \cdot \left(\frac{2}{5} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{5}\right) = 34,56\% \quad \checkmark$$

3/3

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

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

3/3

19. Was versteht man unter einem Markov Prozess?

Ein Markovprozess kann als gedächtnislos bezeichnet werden, da der jeweilige Folgezustand nur vom aktuellen Zustand und von aktuellen Messungen und Bewegungen abhängt, nicht aber von vorausgehenden Zuständen, Messungen und Bewegungen.  $\checkmark$

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 x-Richtung, ohne dass eine Kollision oder eine erneute Messung erfolgt. Markieren Sie in dem Diagramm alle Punkte, an denen der Roboter sich nach der Bewegung aufhalten könnte:

