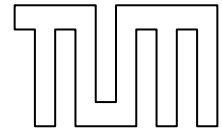


Lösungsvorschlag



Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik
Technische Universität München
Prof. Dr.-Ing. M. Lienkamp



Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 08.08.2019

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Die Prüfung besteht aus 16 Aufgaben auf 29 Blättern

Hilfsmittel: keine Unterlagen,
nur einfacher, nichtprogrammierbarer Taschenrechner,
nichtelektronisches Wörterbuch (wird während der Prüfung überprüft)

**Bitte verwenden Sie ausschließlich DOKUMENTENSICHERE Schreibgeräte und
NICHT die Farbe ROT.
Der Rechenweg ist anzugeben und wird mitbewertet.**

Name	Vorname	Matrikelnummer

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Punkte												
Punkte (maximal)	9	6	19	21	14	15	15	14	5,5	5,5	7	17
Aufgabe	13	14	15	16						Summe		
Punkte												
Punkte (maximal)	15	4	10	10						187		

Hiermit bestätige ich, dass ich vor Prüfungsbeginn darüber in Kenntnis gesetzt wurde, dass ich im Falle einer plötzlich während der Prüfung auftretenden Erkrankung das Aufsichtspersonal umgehend informieren muss. Dies wird im Prüfungsprotokoll vermerkt. Danach muss unverzüglich ein Rücktritt von der Prüfung beim zuständigen Prüfungsausschuss beantragt werden. Ein vertrauensärztliches Attest - ausgestellt am Prüfungstag - kann gegebenenfalls innerhalb der nächsten Tage nachgereicht werden. Wird die Prüfung hingegen in Kenntnis der gesundheitlichen Beeinträchtigung dennoch regulär beendet, kann im Nachhinein kein Prüfungsrücktritt aufgrund von Krankheit beantragt werden.

Studiengang: _____

Garching, den

(Unterschrift)

1. Aufgabe: Einführung**/ 9**

Im Rahmen der Vorlesung wurde die Fahraufgabe des Menschen mithilfe des Drei-Ebenen-Modells dargestellt. Nennen Sie im Folgenden die Namen der drei Ebenen. Erläutern Sie diese jeweils mithilfe des fiktiven Szenarios „Fahrt von München nach Hamburg“ und geben Sie dazu einen Zeitbereich der Wirkung an. (9 P.)

Ebene	Beschreibung	Zeitbereich

Lösungsvorschlag:

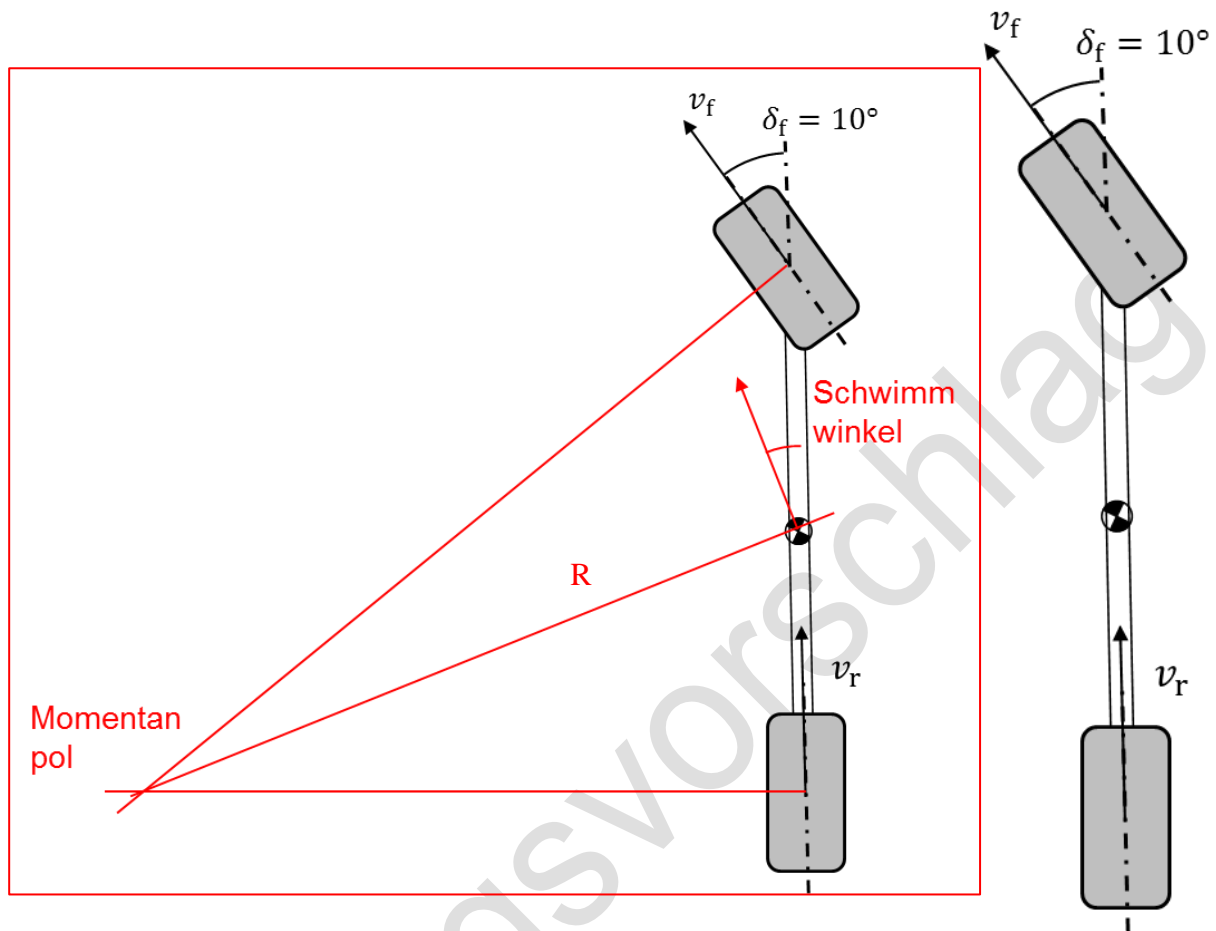
- 1 P je korrekter Nennung einer Ebene
- 1 P je passender Beschreibung
- 1 P je korrektem Zeitbereich (jede Nennung innerhalb des Zeitintervalls ist gültig)

Ebene	Beschreibung	Zeitbereich
Navigation	Planung der Fahrt; Wird zunehmend durch Navigationssysteme unterstützt; Globale / „grobe“ Routenplanung von München nach Hamburg Nicht richtig: <ul style="list-style-type: none">- Von A bis B fahren (zu allgemein)- Führung des Fahrzeugs in bestimmter Richtung/auf bestimmter Route (Grund: Ausführung liegt auf anderen Ebenen)	h bis min Nicht richtig: <ul style="list-style-type: none">- h (wenn ausschließlich)
Bahnführung	Abbiegen, Überholen → Hauptaufgabe des Fahrers Lokale / straßenverlauf angepasste Trajektorienplanung auf der Route nach Hamburg („Wo möchte ich mich in den nächsten paar Sekunden entlangbewegen?“) Nicht richtig: <ul style="list-style-type: none">- Autobahnpilot/Tempomat/etc. Grund: Beschreibung der Ebenen gefordert, die die Aufgaben des Menschen darstellen. Nicht	min bis s Nicht richtig: <ul style="list-style-type: none">- min (wenn ausschließlich)

	<p>mögliche technische Systeme zur Unterstützung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auto im Fahrstreifen halten/Verbleib im gewünschten Fahrstreifen/ Halten des Fahrzeugs auf der Fahrspur und mit Abstand zum Vorfahrenden (= eher Teil der Stabilisierung, Bahnführung ist z. B. die Entscheidung über Wahl des Fahrstreifens und Vorgabe von Führungsgrößen → Keine Regelung auf dieser Ebene) - Fahraufgaben/Aufgaben entsprechend der Fahrsituation (zu ungenau) - Das Fahrzeug soll kontrolliert im Straßenverkehr bewegt werden/Fahren auf einem Fahrstreifen auf der Autobahn/Folgen des Straßenverlaufs (zu allgemein) - Entlangfahrer der Autobahn/Haltung des Fahrzeug auf gewählten Kurs (nicht verständlich) - Fahrzeugführung/ich führe das Fahrzeug (zu allgemein, beinhaltet auch andere Ebenen) 	
<p>Kompensation / Stabilisierung</p> <p>Nicht richtig: - Ausweichen</p>	<p>Stabilisierung des Fahrzeugs zum aktuellen Zeitpunkt (Kein Ausbrechen, Mitte des Fahrstreifens, Ausgleich von Versatz)</p> <p>Nicht richtig:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ABS, ESP, AEB, etc. Begründung siehe Bahnführung - Korrektur in das Fahren (weil nicht verständlich) - Fahrzeugführung (zu ungenau, beinhaltet auch andere Ebenen) 	<p>s bis ms</p> <p>Nicht richtig:</p> <ul style="list-style-type: none"> - s (wenn ausschließlich) - 100ms... s

2. Aufgabe: Einführung

Nachstehend ist das Einspurmodell eines Fahrzeugs mit dem Radstand $l = 3m$ und Lenkwinkel $\delta_f = 10^\circ$ gegeben (Abbildung ist weder maßstabs- noch winkeltreu).



- a) Bestimmen Sie analytisch den Schräglaufwinkel sowie den Bahnradius für das gegebene Einspurmodell (Näherungsformeln zulässig). (3 P.)

Schräglaufwinkel ist gleich 0, da Geschwindigkeitsvektor entlang Längsachse Zeigt (1 P)

Hier gilt Ackermannwinkel (da keine Querbesehleunigung):

$$\tan \delta_A = \frac{l}{\sqrt{R^2 - l_r^2}} \rightarrow \delta_A = \frac{l}{R} \rightarrow R = \frac{l}{\delta_A} = \frac{3m}{10 \cdot \frac{\pi}{180}} = 17,2m$$

(1P für Formel mit richtigem Radiusbezug R (CG), 1P für Ergebnis)

- b) Zeichnen Sie den Momentanpol sowie den Schwimmwinkel ein. (3 P.)
 1P für Momentanpol (2 Geraden erkennbar senkrecht auf v-Vektoren)
 1P für Geschwindigkeitsvektor im CG (nicht richtig: nach rechts eingezeichnet
 → da Lot nicht eingehalten)

1P für Schwimmwinkel (nicht richtig: nach rechts eingezeichnet → da Lot nicht eingehalten)

Lösungsvorschlag

3. Aufgabe: Sensorik II	a: / 4	b: / 3	c: / 8	d: / 4	/ 19
--------------------------------	--------	--------	--------	--------	-------------

- a) Bei Fahrerassistenzsystemen wird zwischen aktiven und passiven Sensoren unterschieden. Erklären Sie den Unterschied zwischen diesen beiden Prinzipien und ordnen Sie die untenstehenden Sensoren den korrekten Gruppen zu. (4 P.)

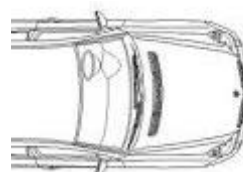
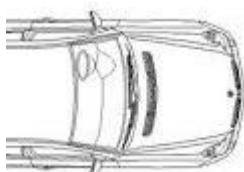
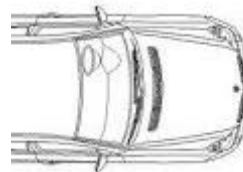
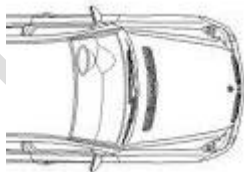
Unterschied aktiv / passiv		
Aktive Sensoren senden im Unterschied zu passiven Sensoren modulierte Strahlung aus. (2 P.) → wenn „moduliert“ fehlt nur 1 P.		
	aktiv	passiv
Ultraschall	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RADAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kamera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LIDAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- b) Bewerten Sie in der untenstehenden Tabelle die Eigenschaften der Sensortypen. Vergeben Sie die Plätze 1 bis 3. Dabei steht Platz 1 für den besten Sensor bezüglich der bewerteten Eigenschaft. (3 P.)

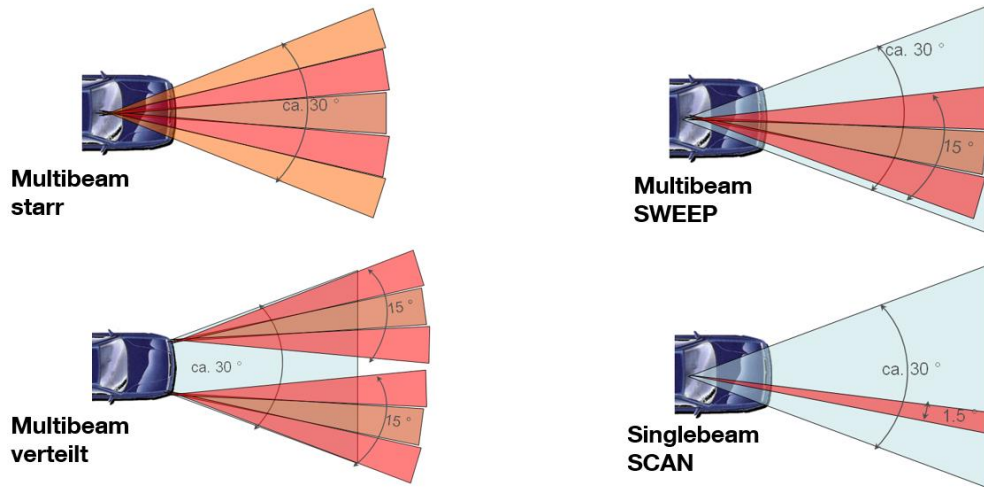
	RADAR	Ultraschall	Rotierender LIDAR
Field of view	2	3	1
Sichtbarkeit des Sensors am Fzg.	1	2	3
Preis	2	1	3

Reihenfolge nach Francisca Rosique: A Systematic Review of Perception System and Simulators for Autonomous Vehicles Research

- c) Zeichnen Sie in die untenstehenden Skizzen vier verschiedene Strahlarten ein, die bei LiDAR-Sensoren verwendet werden und benennen Sie diese. (jeweils 2 P.)



Lösung: Folie 2-103



- d) Beim Auftreffen von Strahlung P_{auf} auf ein Objekt treten drei Mechanismen auf. Nennen und beschreiben Sie diese Mechanismen kurz und verdeutlichen Sie sie anhand einer Skizze. (4 P.)

	Bezeichnung	Erklärung
M 1	Reflektion	An der Grenzfläche zum Objekt zurückgestreute Anteil der einfallenden Strahlung P_{auf}
M 2	Transmission	Durch das Objekt hindurchdringender Anteil der einfallenden Strahlung P_{auf}
M 3	Absorption	Innerhalb des Objekts aufgenommener Anteil der einfallenden Strahlung P_{auf}
Skizze		
<p>The sketch shows two representations of an object. The left one shows incident radiation P_{auf} hitting the object. The right one shows the same incident radiation P_{auf} hitting the object, with three resulting paths: a reflected path labeled $P_{\text{reflektion}}$, a path entering the object labeled $P_{\text{absorption}}$, and a transmitted path labeled $P_{\text{transmission}}$.</p>		

- a) Zur Detektion von Kanten in Bildern kann der Sobel-Operator verwendet werden. Füllen Sie die untenstehende Filtermaske für den Sobel-Operator zur Detektion von horizontalen Kanten aus und berechnen Sie den Wert der markierten Zelle. Markieren Sie zudem in der Bildmatrix, welche Einträge zur Berechnung verwendet werden. (4 P.)

5	9	1	0	3	7	4	0	5	9
8	4	5	3	4	7	1	7	6	1
3	7	9	5	1	3	2	1	4	3
7	2	0	6	9	7	4	9	8	7
2	9	6	8	3	8	0	4	3	4
9	6	4	2	7	9	2	2	5	9
8	2	6	4	3	8	9	7	1	2
6	0	5	3	8	5	7	1	9	0
5	3	7	3	0	8	3	8	6	2
2	6	2	4	7	0	9	1	4	5

*

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

=

- b) Sie wollen ein Bild glätten und dafür ein 3x3 Mittelwertfilter verwenden. Definieren Sie dieses. (2 P.)

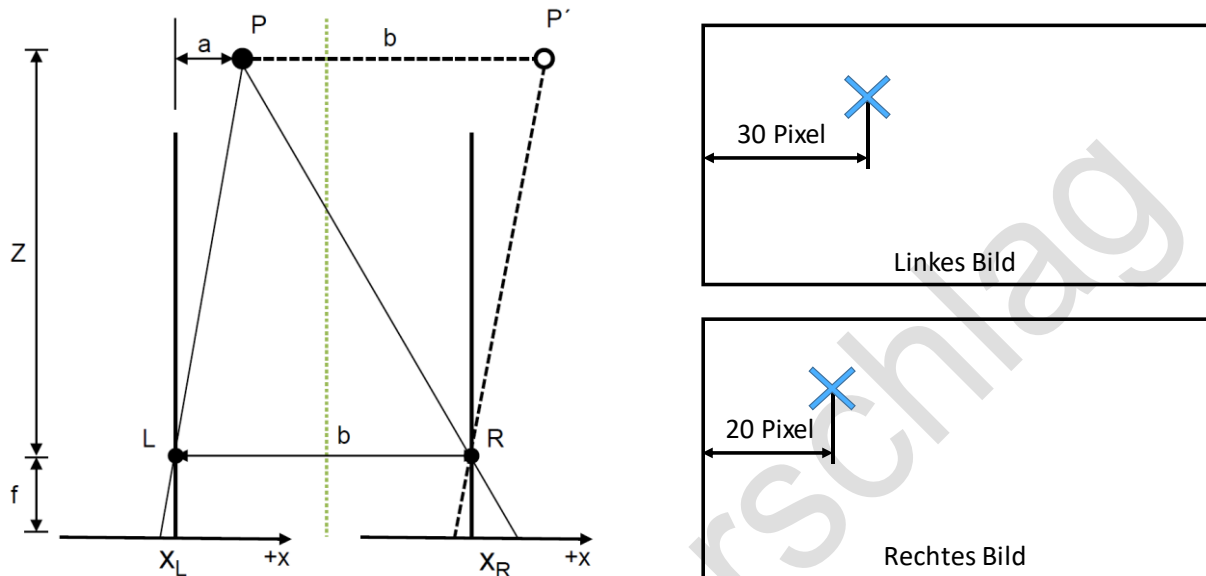
$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- c) Sie wollen automatisiert in einem Kantenbild Kreuze finden, die aus einem horizontalen und einem vertikalen Strich bestehen. Wie muss eine 7x7 Filtermaske definiert werden, mit der diese Aufgabe erfüllt werden kann? Erklären Sie zudem, nach welchem Kriterium die Größe der Filtermaske definiert werden muss. (2 P.)

0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0

Größe der Filtermaske muss an Größe der zu detektierenden Kreuze angepasst werden.

- d) Bei der Stereoskopie wird anhand der Disparität die Entfernung eines Objekts bestimmt. Leiten Sie anhand der unten linksstehenden Skizze den formelmäßigen Zusammenhang zwischen Entfernung und Disparität her. (5 P.) Unten rechts sind die Bilder einer Stereokamera mit einer Basisweite von 100 mm, einer Brennweite von 500 Pixel und einer Auflösung von 640x480 Pixel. In den beiden Bildern ist mit einem Kreuz das identische Objekt markiert. Berechnen Sie die Entfernung des Objekts. (3 P.)



Herleitung

$$\begin{aligned}\frac{a}{Z} &= \frac{-x_L}{f} \rightarrow a = \frac{-x_L}{f} Z \\ \frac{b-a}{Z} &= \frac{x_R}{f} \rightarrow a = b - \frac{x_R}{f} Z \\ \frac{-x_L}{f} Z &= b - \frac{x_R}{f} Z \rightarrow \frac{Z}{f} (-x_L + x_R) = b \\ Z &= \frac{bf}{(-x_L + x_R)} = -\frac{bf}{D}\end{aligned}$$

Entfernungsberechnung

$$Z = -\frac{bf}{D} = \frac{100 \text{ mm} * 500 \text{ Pixel}}{10 \text{ Pixel}} = 5 \text{ m}$$

- e) Mit LTE können bis zu 300 Mbit/s übertragen werden. Wie viele Pixel in horizontaler Richtung kann eine schwarz-weiß Stereokamera im 4:3 Format mit 256 Helligkeitsstufen und einer Frequenz von 25 Hz aufnehmen, sodass die Daten gerade noch übermittelt werden können? (5 P.)

$$D = B * P * N * F$$

$$D = \text{Datenrate} = 300/8 \text{ MB/s}$$

$$B = \text{Anzahl der Pixel pro Bild} = l * b$$

$$P = \text{Anzahl der Bytes pro Pixel} = 1 \text{ Byte (entspricht } 2^8 = 256 \text{ Helligkeitsstufen)}$$

$$F = \text{Einlesefrequenz} = 25 \text{ 1/s}$$

$$N = \text{Anzahl der Kameras} = 2$$

$$B = l * b = \frac{D}{P * N * F}$$

$$\text{Mit } \frac{l}{b} = \frac{4}{3} \rightarrow b = \frac{3}{4}l$$

$$l = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{D}{P * N * F}} = 1000$$

5. Aufgabe: Sensorik III	a: /1	b: /3	c: /2	d: /2	e: /2	f: /2	g: /2	/14
---------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------------

Sie wollen die Querregelung eines Fahrzeuges automatisieren. Dafür benötigen Sie unter anderem den aktuellen Lenkradwinkel γ , die Winkelgeschwindigkeit $\dot{\gamma}$ und die Winkelbeschleunigung $\ddot{\gamma}$.

a) Erstellen Sie den Zustandsvektor x der diese Informationen enthält. (1 P.)

$$x = \begin{bmatrix} \gamma \\ \dot{\gamma} \\ \ddot{\gamma} \end{bmatrix}$$

Alles oder nichts an Punkten

b) Erstellen Sie die Übergangsmatrix ϕ um in einem Zeitschritt Δt vom Zustand x_{k-1} in den Zustand x_k zu übergehen. (3 P.)

$$x_k = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t & \frac{\Delta t^2}{2} \\ 0 & 1 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot x_{k-1}$$

Pro Fehler -0,5 P

c) Erstelle die Messmatrix H für den Fall, dass Sie über die Sensorik

- nur γ messen können: z_1
- sowohl γ als auch $\dot{\gamma}$ messen können: z_2 (2 P.)

$$z_{1,k} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot x_k + v_{1,k}$$

$$z_{2,k} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot x_k + v_{1,k}$$

Je 0,5 P für Dimension und 0,5 P für Inhalt

- d) Keiner der Sensoren kann $\dot{\gamma}$ messen. Über die Veränderung der messbaren Werte über die Zeit lässt sich durch ϕ trotzdem $\dot{\gamma}$ ermitteln. Wie heißt dieses Prinzip und welche weiteren Vorteile bringt es mit sich? (2 P.)

Tracking (1 P.)

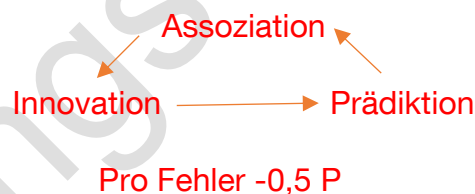
Reduzierung von Messungenauigkeit (1 P.)

- e) Beschreiben Sie kurz was die v-Terme aus Teil c) darstellen und welche Annahmen für diese gelten müssen, wenn ein Kalman Filter verwendet werden soll. (2 P.)

Messrauschen (1 P.)

Muss normalverteilt sein (1 P.)

- f) Skizzieren Sie die Schritte des Kalman Filters und deren Zusammenhang (Pfeile). (2 P.)



- g) Beschreiben Sie in eigenen Worten den Kalman Faktor und wo er eingesetzt wird, um welchen Wert zu berechnen. (2 P.)

Gibt an wie stark der Messung bzw. der Prädiktion vertraut wird (1 P.)

Im Innovationsschritt (0,5 P.) wird der aktualisierte Zustand für Zeitschritt k ($\hat{x}(+)_k$) bestimmt (0,5 P.)

6. Aufgabe: Funktionslogik	a) /4	b) /2	c) /2	d) /3	e) /4	/ 15
---------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------------

Sie sollen den Regler für ein ACC Steuergerät entwickeln. Zur Detektion vorausfahrender Verkehrsteilnehmer kann das Steuergerät auf die benötigten Informationen der Radar-Sensorik zugreifen.

a.) Zunächst wollen Sie zwei einfache Regelungsansätze vergleichen. Ergänzen Sie die untenstehenden Blockschaltbilder zu einem *Beschleunigungsgeführten Regler mit PT1-Verhalten* und einem *Relativgeschwindigkeitsgeführten Regler*. (4 P.)

Beschleunigungsgeführter Regler mit PT1-Verhalten

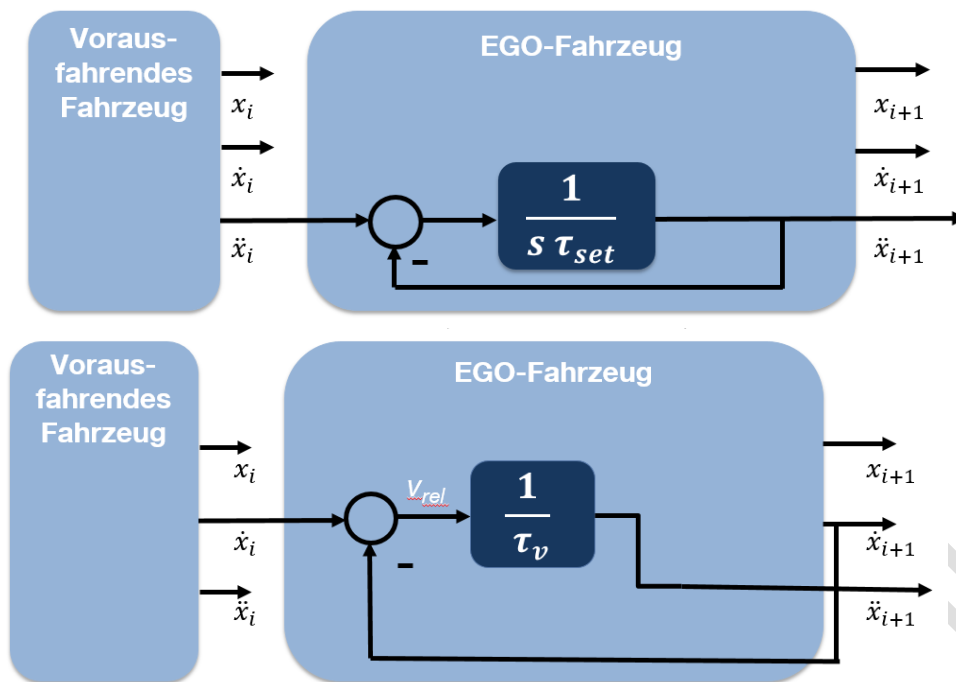


Relativgeschwindigkeitsgeführter Regler



Lösungsvorschlag:

- Pfeile richtig verbunden (je 1 P.)
- Ausdruck im Block richtig (je 1 P.)



- b.) Bei Ihren ersten Tests stellen Sie fest, dass die Regler bei entsprechender Wahl der Zeitkonstanten fast identisches Verhalten aufweisen. Vergewissern Sie sich Ihrer Beobachtung mit Hilfe einer mathematischen Herleitung, welche das identische Verhalten bestätigt. (2 P.)

Lösungsvorschlag:

- Ausgangsformel (1 P.)
- Ergebnis (1 P.)

$$\ddot{x}_{i+1} = \tau_{set}^{-1} \int (\ddot{x}_i - \ddot{x}_{i+1}) dt = \tau_{set}^{-1} \left(\int \ddot{x}_i dt - \int \ddot{x}_{i+1} dt \right) = \tau_{set}^{-1} (\dot{x}_i - \dot{x}_{i+1})$$

- c.) Welchen Ansatz aus Teilaufgabe a.) wählen Sie für die weiteren Versuche? Nennen Sie den hierfür entscheidenden Grund. (2 P.)

Lösungsvorschlag:

Relativgeschwindigkeitsgeführter Regler (1 P.), da die Relativgeschwindigkeit als Messgröße vorliegt (1 P.) und so keine Messgrößen abgeleitet werden müssen.

- d.) Bisher haben Sie Ihren Regler aus Teilaufgabe c.) nur aus einem eingeschwungenen Ausgangszustand (d.h. $v_{rel} = 0$ und Istabstand = Sollabstand)

getestet. Welches Problem erwarten Sie, wenn diese Annahme nicht mehr zutrifft? Durch welchen, in der Vorlesung besprochenen, Regelungsansatz können Sie das Problem lösen? (3 P.)

Problem:

Lösung:

Lösungsvorschlag:

Problem: Abstandsdifferenz (d zu d_{soll}) kann nicht Berücksichtigt werden. (1 P.)

Lösung: Kaskadenregelung (1 P.). Äußere Kaskade zum Angleichen von Soll- und Ist-Abstand. Diese liefert eine zusätzliche Soll-Relativgeschwindigkeit zum Ausgleich der Abstandsdifferenz. Die Innere Kaskade stellt basierend auf der Soll-Relativgeschwindigkeit und der gemessenen Relativgeschwindigkeit eine Beschleunigungsanforderung a_{soll} an das Fahrzeug. (Regelung von Abstand UND Relativgeschwindigkeit -> 1 P.)

e.) Nach zahlreichen Tests sind Sie bisher zufrieden mit Ihrem Regelungsansatz aus Teilaufgabe d.). Bei genauer Betrachtung stellen Sie jedoch fest, dass die gewünschte Sollgeschwindigkeit nicht vollständig erreicht wird. Bei der Implementierung haben Sie keinen Fehler gemacht und auch die Regler sind bestmöglich parametrisiert. Woran kann die verbleibende Soll-Ist-Abweichung liegen? Nennen Sie zwei Gegenmaßnahmen. (4 P.)

Problem:

Gegenmaßnahmen:

-
-

Lösungsvorschlag:

Problem: Keine stationäre Genauigkeit (1 P.) bei Vorliegen von Störungen (Steigung, Luftwiderstand, Rollwiderstand) (1 P.)

Gegenmaßnahmen: (je 1 P.)

- PI-Regler
- Störgrößenbeobachter

Lösungsvorschlag

7. Aufgabe: Funktionale Systemarchitektur	a: /3	b: /8	c: /4	/ 15
--	-------	-------	-------	-------------

a) Nennen Sie die drei Kernschritte der Funktionslogik eines Folgereglers (ACC). (3 P.)

-
-
-

Je 1 Punkt

- Situationsinterpretation
- Verhaltensgenerierung
- Verhaltensentscheidung

b) Erläutern Sie die Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der funktionalen Systemarchitektur des Folgereglers aus Aufgabenteil a) und einer automatisierten Fahrfunktion. Gehen Sie dabei auf die einzelnen Kernschritte ein und ziehen Sie abschließend ein Gesamturteil. (8 P.)

-
-
-

Gesamturteil:

Lösungsvorschlag:

- 2 P. bei korrekter Erläuterung der Gemeinsamkeiten / Unterschiede je Kernaspekt
- 2 P. für Gesamturteil
 - Situationsinterpretation: bei Folgeregler wird meist nur eine oder wenige Situationen erkannt und betrachtet (z.B. „Fzg. in Fahrschlauch“), wohingegen eine autonome Fahrfunktion viele unterschiedliche Situationen erkennen und zuordnen muss.

- Verhaltensgenerierung: bei Folgeregler wird lediglich eine Sollgeschwindigkeit oder ein Sollabstand generiert, wohingegen eine autonome Fahrfunktion eine komplexe Trajektorie unter gegebenen Randbedingungen generiert.
- Verhaltensentscheidung: bei Folgeregler wird zw. Regelung und „abwerfen“ unterschieden, wohingegen eine autonome Fahrfunktion durch komplexe diskrete oder kontinuierliche Entscheidungsverfahren geprägt ist.

Gesamturteil:

Die Funktionslogik der beiden Systeme weist grundlegend dieselbe Struktur auf. Allerdings unterscheidet sich der Detaillierungsgrad / Funktionsumfang in den einzelnen Komponenten deutlich.

- c) Um den softwaregestützten Aktor-Eingriff zu ermöglichen werden häufig „by-wire“ Systeme eingesetzt. Welche Anforderung wird hinsichtlich der Sicherheit an ein solches „by-wire“ System gestellt und wie wird diese eingehalten? Beschreiben Sie diese Aspekte und geben Sie dazu ein Beispiel. (4 P.)

Lösungsvorschlag:

Anforderung: Gleiche Ausfallsicherheit wie bei konventionellen Systemen (1P)

➔ Mögliche Risikominimierung: Redundanz, Diversität, Mehrheitsentscheid (eines davon reicht; 1P)

Beispiel: Steer-by-wire mit Redundanz durch zweifache Ausführung des Lenkrad- und Radaktuators. (1P für System, 1P für Maßnahme zur Risikominimierung)

8. Aufgabe: Deep Learning

a: / 6

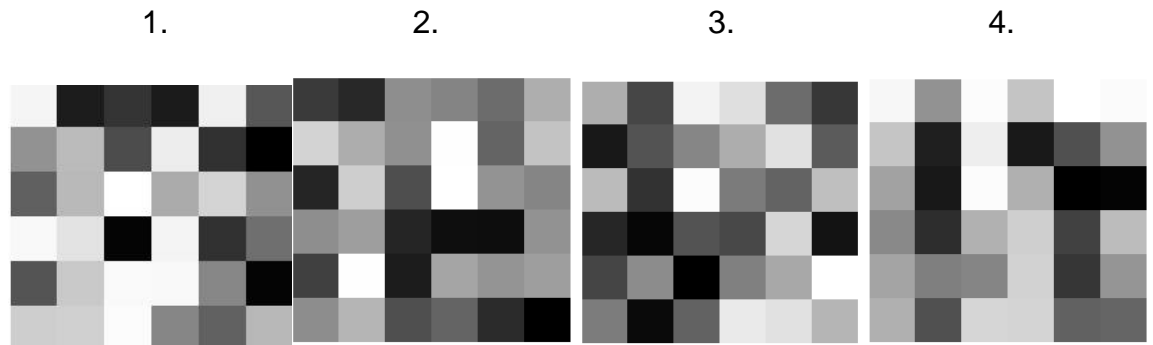
b: / 3

c: / 3

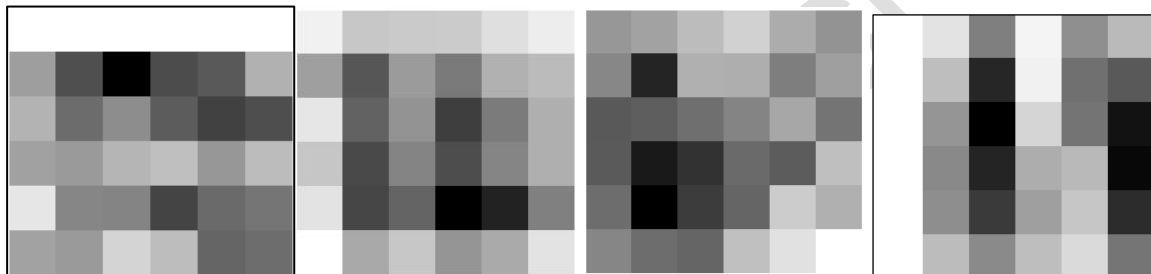
d: / 2

/ 14

- a) Gegeben sind vier Input Layer (1-4), die zugehörigen Activation Maps und vier mögliche Filter (A-D). Ordnen Sie jedem Filter einem zugehörigen InputLayer-ActivationMap Paar zu. (je 1,5 P.)



Activation Maps:

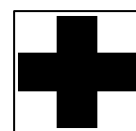


A.

B.

C.

D



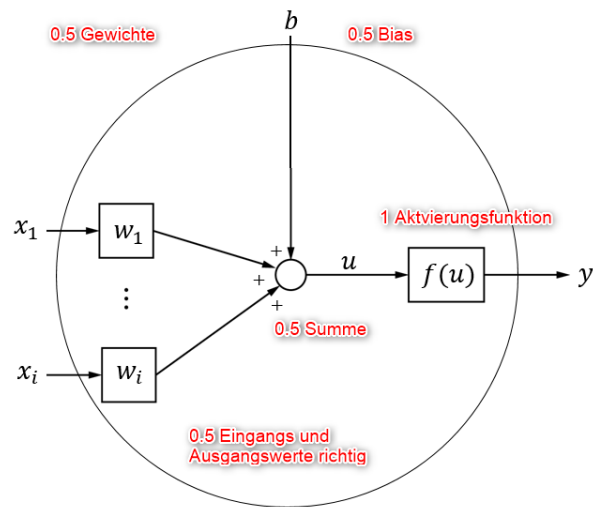
1.) C

2.) B.

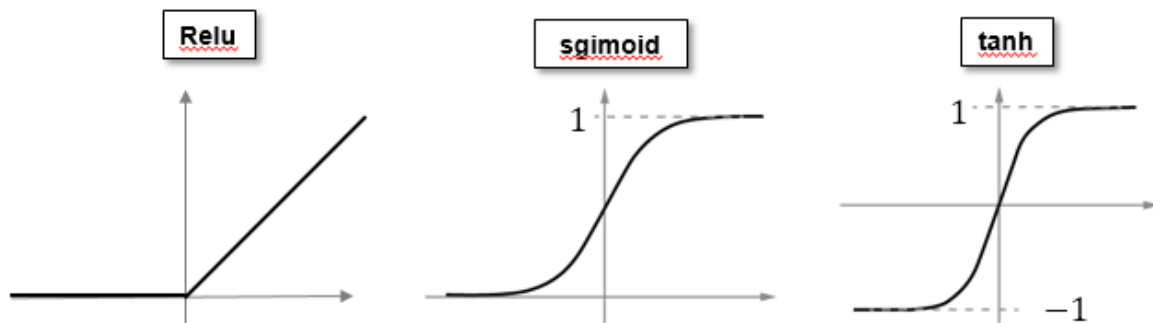
3.) D.

4.) A.

b) Skizzieren Sie ein einzelnes Neuron/Perceptron mit zwei Eingangswerten und einem Ausgangswert. (3 P.)



c) Nennen Sie drei übliche Aktivierungsfunktionen und skizzieren Sie diese. (je 1 P.)



d) Berechnen Sie die Ausgangsmatrix eines 2x2 MaxPool Layers für die gegebene Eingangsmatrix. (je Feld 0,5 P.)

Eingangsmatrix:

0.9	1.0	-17.0	-21.0
1.0	1.1	-11.0	-15.0
-5.0	0.9	10.0	0.0
0.5	-0.3	-3.0	1.0

Ausgangsmatrix:

1.1	-11
0.9	10

9. Fahraufgabe und Mensch-Maschine-Schnittstelle	a: /2	b: /1,5	b: /2	/ 5,5
---	-------	---------	-------	--------------

a) Erklären Sie den Unterschied zwischen Belastung und Beanspruchung anhand des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts. (2 P.)

- Belastung: alle Einflüssen, die den Arbeitsprozess des Menschen beeinflussen können und die für jeden Menschen, der sich in dieser Situation befindet, gleich sind (1P)
- Beanspruchung: individuelle Reaktion auf die Belastung (1P)

b) Nennen Sie drei ergonomische Empfehlungen für die Gestaltung von Rückmeldungen im Fahrzeug. (1,5 P.)

- Kontinuierliche Statusanzeige
- Verzögerungsfrei
- Überschwellig
- Multimodal (simultan)
- Gezielte Vorwarnung (mono- oder multimodal)
- Räumliche und funktionale Zuordnung und Kompatibilität
- Zeitverzug: $100\text{ms} < t < 2\text{s}$

Je 0,5P, maximal 1,5P.

c) Wodurch wird, gemäß des SEEV-Modells, die Wahrscheinlichkeit einer Blickzuwendung bestimmt? (2 P.)

- Auffälligkeit (Salience)
- Anstrengung (Effort)
- Erwartung (Expectancy)
- Wert (Value)

Je 0,5P, maximal 2P.

10. Kompatibilität

a: /3,5

b: /2

/ 5,5

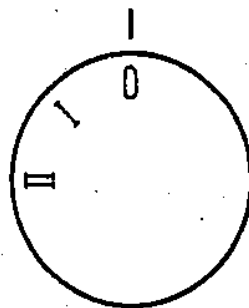
- a) Beurteilen Sie die dargestellten Anzeigeelemente für den momentanen Verbrauch hinsichtlich Kompatibilitäten. Welche Anzeige ist besser geeignet? (3,5 P.)



1. Primäre (innere) Kompatibilität: (0,5P)
 - Links: rechts = Zunahme -> ok (0,5P)
 - Rechts: rechts = Zunahme -> ok (0,5P)
2. Sekundäre Kompatibilität: (0,5P)
 - Links: Zunahme = Zeiger bewegt sich gegen den Uhrzeigersinn -> nicht ok (0,5P)
 - Rechts: Zunahme = Zeiger bewegt sich im Uhrzeigersinn -> ok (0,5P)

Die rechte Anzeige ist besser geeignet (0,5P).

- b) Bewerten Sie das dargestellte Stellteil hinsichtlich Kompatibilitäten. (2 P.)



Lösung:

- i. Bewegungsrichtung: korrekt (im Uhrzeigersinn) -> primäre innere Kompatibilität gegeben (1P)
- ii. Beschriftungsrichtung: falsch (gegen den Uhrzeigersinn) -> sekundäre Kompatibilität nicht gegeben (1P)

11. Folgen durch Fahrerassistenzsysteme/Automation	a: /4	b: /1,5	c: /1,5	/ 7
---	----------	------------	------------	------------

a) Von Lisanne Bainbridge wurden sogenannte „Ironies of Automation“ formuliert. Erläutern Sie zwei in der Vorlesung besprochene Ironien. (4 P.)

- Weil der Mensch die zur Benutzung des Systems erforderlichen **Fähigkeiten nicht mehr oft anwendet**, verlernt er sie und hat das notwendige Wissen in einer möglichen **Notsituation** nicht mehr parat. Je besser ein automatisiertes System funktioniert, desto besser müssen die die Bediener für Übernahme-situationen ausgebildet und trainiert sein.
- Der Mensch ist **als Überwacher ungeeignet** (monotone Tätigkeit). In der plötzlich auftretenden Notsituation (Übernahme), fehlt ihm die **Kenntnis über den aktuellen Zustand des Systems** (Mode Awareness). Die Überwachung ist letztlich eine unmögliche Aufgabe: der Computer übernimmt die Entscheidungen, die der Mensch nicht mehr treffen kann, aber der Mensch soll überwachen, ob der Computer korrekt entscheidet.

(je 1P für Nennung und Erläuterung)

b) Erläutern Sie den Begriff Vigilanz. (1,5 P.)

Fähigkeit zur genauen **Wahrnehmung** und **Reaktionsbereitschaft** (je 0,5P) auf seltene Reize **über einen langen Zeitraum hinweg** (Daueraufmerksamkeit). (0,5P)

c) Entscheiden Sie, ob es sich bei folgenden Punkten um die Wirkung ersetzender oder warnender Assistenz handelt (1,5 P.):

- I. Neigung zur Beschäftigung mit Nebenaufgaben
- II. Rückzug aus der unterstützten Fahraufgabe
- III. Steigerung der Aufmerksamkeit

Ersetzend,
ersetzend,
warnend

(je 0,5P)

12.ASIL Modell und Controllability	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	/17
	/1	/2	/1	/1	/4	/4	/4	

Führen Sie im Folgenden die Vorbereitungen für eine ASIL-Bewertung analog dem ADAS Code of Practice anhand der untenstehenden Fehlerbilder für den beschriebenen Stauassistent durch. Beachten Sie dabei die Angaben und bewerten Sie schrittweise zunächst die Unfallschwere und anschließend die Beherrschbarkeit der Fehlerbilder.

Funktionsbeschreibung:

Der zu analysierende Stauassistent ist ein radargestütztes System, das durch automatische Aktivierung von Gas und Bremse die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf eine eingestellte Sollgeschwindigkeit innerhalb der Systemgrenzen regelt.

Bei Erkennung eines Vorderfahrzeugs regelt das System einen einstellbaren Abstand zu dem Vorderfahrzeug ein. Das System kann maximal mit $2,2 \text{ m/s}^2$ beschleunigen und Verzögerungen bis zu 4 m/s^2 automatisiert durchführen.

Wenn diese Verzögerung nicht ausreicht, um den gewünschten Abstand zum Vorderfahrzeug einzustellen, erklingt eine deutlich wahrnehmbare akustische Warnung, um den Fahrer zur Übernahme aufzufordern. Eine aktive Querverfahrungsassistent wird in dieser Aufgabe zu den ASIL-Sicherheitsanforderungen nicht angenommen.

Fehlerbilder:

1. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Stauassistent in einer engen Kurve mit 80 km/h einem anderen, mit 5 km/h vorausfahrenden Fahrzeug. Anstatt einer geregelten automatischen Verzögerung mit maximal 5 m/s^2 blockieren unerwartet beide Hinterräder. Durch die Blockierbremsung der Hinterräder wird das Ego-Fahrzeug aus dem eigenen Fahrstreifen abgelenkt.
2. **Unerwartete Verzögerung:** Das Ego-Fahrzeug fährt geregelt in einer Kolonne und verzögert für den Fahrer unerwartet mit 2 m/s^2 . Ohne Eingriff des Fahrers droht innerhalb von 5 Sekunden eine Kollision.

Unfallschwere (Severity)

	Injury Description	Class
AIS 0	no injuries	S0
AIS 1	light injuries such as skin-deep wounds, muscle pains, whiplash, etc.	S1
AIS 2	moderate injuries such as deep flesh wounds, concussion with up to 15 minutes of unconsciousness, uncomplicated long bone fractures, uncomplicated rib fractures, etc.	S1
AIS 3	severe but not life-threatening injuries such as skull fractures without brain injury, spinal dislocations below the fourth cervical vertebra without damage to the spinal cord, more than one fractured rib without paradoxical breathing, etc.	S2
AIS 4	severe injuries (life-threatening, survival probable) such as concussion with or without skull fractures with up to 12 hours of unconsciousness, paradoxical breathing	S2
AIS 5	critical injuries (life-threatening, survival uncertain) such as spinal fractures below the fourth cervical vertebra with damage to the spinal cord, intestinal tears, cardiac tears, more than 12 hours of unconsciousness including intracranial bleeding	S3
AIS 6	extremely critical or fatal injuries such as fractures of the cervical vertebrae above the third cervical vertebra with damage to the spinal cord, extremely critical open wounds of body cavities (thoracic and abdominal cavities), etc.	S3

- a) Tragen Sie die Severity (S) für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (1 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (1 P. für beide richtigen Antworten)
1. Blockierbremsung	S3
2. Verzögerung	S0

Beherrschbarkeit bei Fehler (Controllability)

Class	C0	C1	C2	C3
Description (informative)	Controllable in general	Simply controllable	Normally controllable	Difficult to control or uncontrollable
Definition	Distracting	More than 99% of average drivers or other traffic participants are usually able to control the damage.	More than 85% of average drivers or other traffic participants are usually able to control the damage.	The average driver or other traffic participant is usually unable, or barely able to control the damage.

b) Tragen Sie die Controllability (C) und eine kurze Begründung in maximal zwei Stichworten für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (2 P.)

Fehlerbilder	Controllability - C (1 P. für beide richtigen Antworten)	Begründung (1 P. für beide richtigen Antworten)
1. Blockierbremsung	C3	Beispiele: - -> schwer kontrollierbar (enge Kurve) - Normalfahrer unkontrollierbar
2. Verzögerung	C1	Beispiele: - Aufmerksamer Fahrer - Reaktionszeit ausreichend (5 s)

Weitere Fragen zum ASIL-Modell und zur Controllability:

- c) Wie lässt sich ein ASIL D mittels einer Dekomposition aufspalten? (1 P.)

$$\text{ASIL D} = \text{ASIL C(D)} + \text{ASIL A(D)}$$

- d) Geben Sie die Formel für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (1 P. für abhängige Variablen und für korrekte Formel)

$$R = F(f, C, S)$$

- e) Nennen Sie insgesamt acht Methoden, die der ADAS Code of Practice für die Sicherheitsanalyse und für die allgemeinen Bewertungsmethoden zum Nachweis der Controllability vorschlägt? (4 P. für 8 ausgeschriebene Methoden, je 0,5 P.)

Hazard and Operability Study (HAZOP), Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Hardware in the Loop (HIL), Expert Panel, HMI Concept Simulation, Driving Simulator Test, Driving Tests with Professional Test Drivers, Car Clinic - mit unbedarften Probanden

- f) Wozu dienen die Checkliste A und Checkliste B des ADAS Code of Practice? (4 P.)

Die Checkliste A dient zur Systemspezifikation, Checkliste B dient dazu die Systemspezifikation zu evaluieren (Evaluationskonzept)

- g) Nennen Sie 4 Themenbereiche, die in der Checkliste A untersucht werden? (4 P. -> je 1 P.)

Zum Beispiel:

- Unterstützte Fahraufgabe
- Systemanwender
- Fahrzeugart
- Markt (Einsatzland)
- Homologation/Typgenehmigung und Normen- / Verkehrsgesetzkonformität

13. Aufgabe: Entwicklungsprozess	a: /6	b: /7	c: /2	/ 15
---	-------	-------	-------	-------------

Für ein Lane Keeping Assist System (LKAS) soll ein Zustandsautomat entworfen werden. Das LKAS soll ein- und ausschaltbar sein. Sobald nach Aktivierung des Systems die Fahrstreifenbegrenzungen erkannt wurden, kann das Fahrzeug auf Tastendruck die Mitte des Fahrstreifens einregeln.

Vervollständigen Sie den gegebenen Zustandsautomaten (siehe Skizze und Tabelle auf der nachfolgenden Seite) entsprechend des folgenden Vorgehens:

- Identifizieren Sie in der nachstehenden Tabelle die Systemzustände und kennzeichnen Sie diese in der Spalte „Typ“ mit dem Buchstaben „Z“. Tragen Sie anschließend die identifizierten Systemzustände in den Zustandsautomaten ein. (6 P.)
- Identifizieren Sie in der nachstehenden Tabelle die Zustandsübergänge und kennzeichnen Sie diese in der Spalte „Typ“ mit dem Buchstaben „Ü“. Zeichnen Sie benötigte Zustandsübergänge mit Pfeilen ein und beschriften Sie diese (sowie die bereits existierenden) mit den gelisteten Zustandsübergängen aus der Tabelle. (7 P.)
- Die Erstellung eines Zustandsautomaten wird auch im Rahmen des Entwicklungsprozesses nach Maurer behandelt. Wie heißt der entsprechende Teilschritt des Entwicklungsprozesses und wann wird diese behandelt (qualitative Angabe)? (2 P.)

Lösungsvorschlag:

(a und b → siehe weiter unten)

c) „Phase“: Systemarchitektur (1P); in der ersten Hälfte der finalen Produktentwicklung (nach dem Zwischenergebnis) – Zeichnen des Kreises und markieren der Position gilt ebenfalls. (1P)

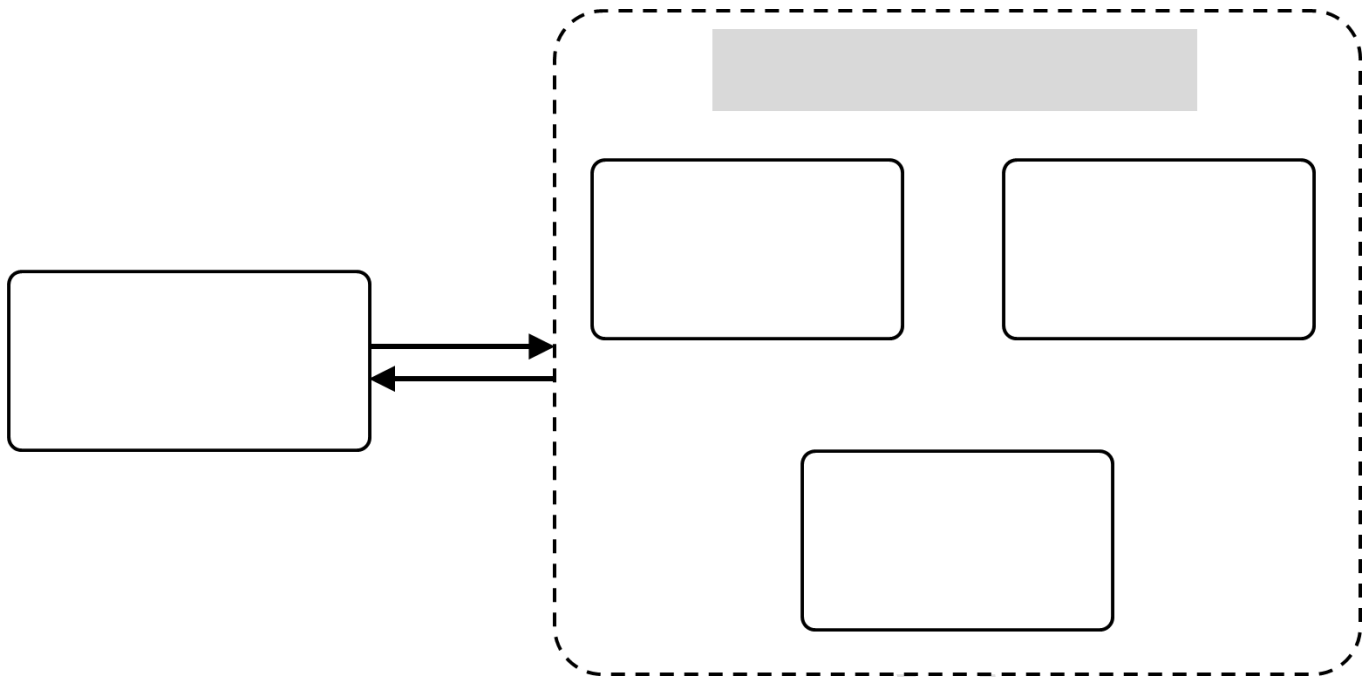
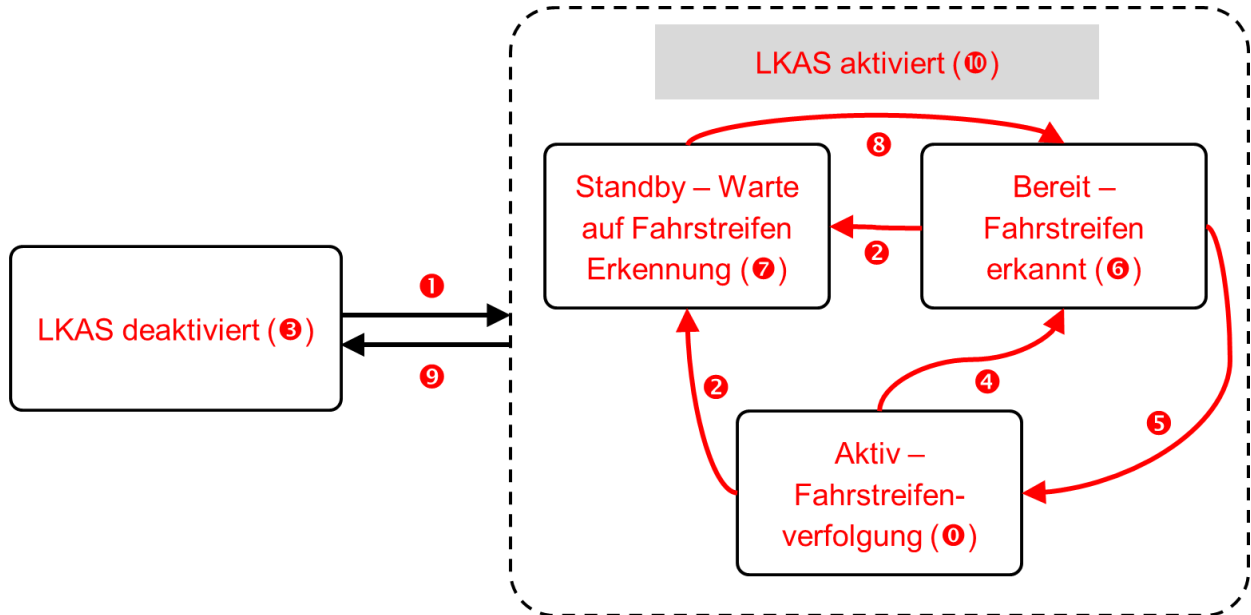


Tabelle: LKAS Zustände und Zustandsübergänge

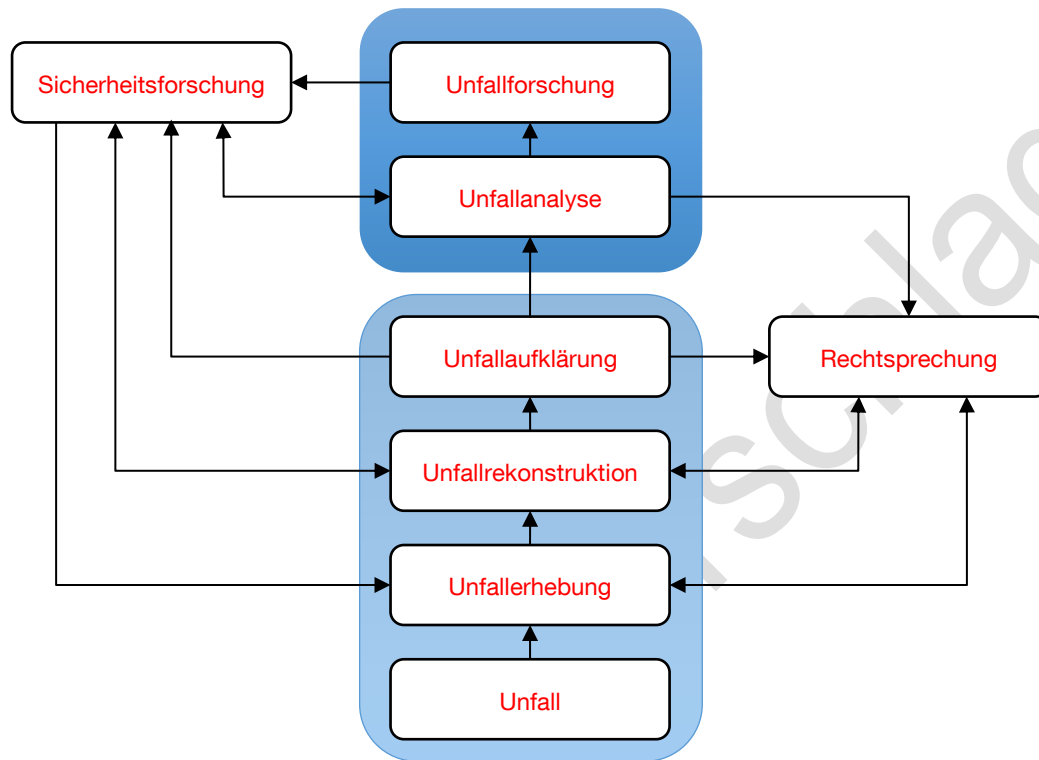
<u>Kürzel</u>	<u>Typ</u>	<u>Beschreibung</u>
①	Z	Aktiv - Fahrstreifenverfolgung
②	Ü	LKAS einschalten
③	Ü	Fahrstreifen-Tracking verloren
④	Z	LKAS deaktiviert
⑤	Ü	Hände vom Lenkrad genommen
⑥	Ü	Taster „Einregeln“ gedrückt
⑦	Z	Bereit - Fahrstreifen erkannt
⑧	Z	Standby - Warte auf Fahrstreifen Erkennung
⑨	Ü	Fahrstreifen gefunden
⑩	Ü	LKAS ausschalten
⑪	Z	LKAS aktiviert

Lösungsvorschlag:

- a) 1 P. für korrekte Identifikation aller Zustände in der Tabelle + 1P je korrektem Zustand im Diagramm (innerhalb der Box „LKAS aktiviert“ ist Positionierung egal)
- b) 1 P. für korrekte Identifikation aller Zustandsübergänge in Tabelle + 0.5P je korrektem Übergang (rote Pfeile) + 0.5P je korrekter Zuordnung



Ergänzen Sie das untenstehende Diagramm zur Bearbeitungskette der Unfallenerhebung – Unfallforschung. (4 P.)



Je 0,5 P.

Als Entwickler möchten Sie den Nutzen eines Notbremsassistenten bewerten. Als ein kritisches Szenario haben Sie einen Auffahrunfall in einer Kurve identifiziert. In diesem Lastfall beträgt die eingeschränkte Sensorreichweite 75 m, gemessen von der Fahrzeugfront, zur möglichen Lage eines Objektes.

Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ beträgt 155 km/h und die des Fahrzeugs „Stau“ am Stauende 0 km/h. Die Gesamtmasse des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ ist 1650 kg und des Fahrzeugs „Stau“ 1300 kg. Bei allen Kollisionen handelt es sich um gerade zentrische Stöße zweier Scheiben, Sekundärkollisionen werden nicht betrachtet. Der k-Faktor ist konstant 0,1. Die eindimensionale Verletzungsrisikofunktion abhängig von der Geschwindigkeitsänderung Δv in km/h wird durch eine logistische Regression angenähert (Werte siehe Tabelle unten). Zur Näherung nehmen Sie bitte Folgendes an: Sobald das Fahrzeug durch den verbauten Sensor ein stehendes Fahrzeug detektieren kann, verzögert dieses konstant mit der maximalen applizierten Verzögerung – für den Notbremsassistentenmodus $a_x = -7,3 \text{ m/s}^2$. Bitte bedenken Sie, dass die Geschwindigkeitsänderung als Betrag in der Einheit km/h in die Verletzungsrisikofunktion eingesetzt werden muss.

Angabe	
Geschwindigkeit Fahrzeug Stau	0 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Stau	1300 kg
Geschwindigkeit Fahrzeug Notbremsassistent	155 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Notbremsassistent	1650 kg
Max. Verzögerung Fahrzeug Notbremsassistent	-7,3 m/s ²
Sichtweite Sensor	75 m
k-Faktor	0,1
Verletzungsrisikofunktionen	
Mindestens leichtverletzt	$\beta_0 = -1,5 \text{ und } \beta_1 = 0,08$
Mindestens schwerverletzt	$\beta_0 = -3 \text{ und } \beta_1 = 0,06$
Tödliche Verletzung	$\beta_0 = -5 \text{ und } \beta_1 = 0,06$
Formeln für gerade zentrischen Stoß zweier Scheiben	
	$\Delta v_1 = -\frac{m_2 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$
	$\Delta v_2 = \frac{m_1 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$

Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Insasse im Fahrzeug „Notbremsassistent“ **schwer** verletzt.

Lösung:

Bestimmung Zeit für die Verzögerung: (2P)

$$s = 0,5 \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t$$
$$t_{1,2} = -\frac{v_0}{a} \pm \sqrt{\frac{v_0^2}{a^2} + \frac{2s}{a}} = 2,125$$

Bestimmung der Kollisionsgeschwindigkeit (1 P)

$$v = v_0 + a_{\text{Notbremsassistent}} \cdot t = 43,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 7,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,125 \text{s} = 27,546 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 99,166 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Bestimmung der Geschwindigkeitsänderung für das Fahrzeug „Notbremsassistent“ (2P)

$$\Delta v_{\text{Notbremsassistent}} = -\frac{1300 \text{ kg} \cdot 1,1}{1300 \text{ kg} + 1650 \text{ kg}} \cdot (99,166 - 0) \frac{\text{km}}{\text{h}} = -48,07 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Bestimmung des Verletzungsrisikos:

$$p(\Delta v) = \frac{e^z}{1+e^z} \text{ mit der Linearkombination } z(x) = \beta_0 + \beta_1 \cdot x \text{ (Formeln jeweils 1 P.)}$$

(Z mind. Leichtverletzt = 2,3456)

Z mind. schwerverletzt = -0,1158

Z getötet = -2,1158

(P mind. leichtverletzt = 0,9126)

P mind. schwerverletzt = 0,4711 (1 P.)

P getötet = 0,1076 (1 P.)

P schwer = P mind. schwerverletzt – P getötet = 36,35% (1 P.)

16. Aufgabe: Aktuelle Systeme	a: / 3	b: / 4	c: / 3	/ 10
--------------------------------------	--------	--------	--------	-------------

- a) Durch immer bessere Fahrerassistenzsysteme wird der Straßenverkehr kontinuierlich sicherer. Warum kann sich das negativ auf die Einführung des automatisierten Fahrens auswirken? (3 P.)

Folie 12-84
Sowohl der Gesetzgeber als auch die Gesellschaft erwarten von automatisierten Fahrzeugen ein Mindestmaß an Sicherheit. Dieses ist an derzeitige Unfallstatistiken gekoppelt, d.h. automatisierte Fahrzeuge müssen weniger Unfälle verursachen als konventionelle Fahrzeuge. Konventionelle Fahrzeuge werden durch Fahrerassistenzsysteme immer sicherer, sodass auch automatisierte Fahrzeuge bei deren Einführung immer sicherer werden müssen.

- b) Erläutern Sie zwei verkehrliche Wirkungen von selbstfahrenden Fahrzeugen. (4 P.)

- 1) Potenziell mehr Pkw-Verkehr, gerade in dicht besiedelten Gegenden, weil Fahren attraktiver wird (Stau ist im autonomen Auto keine „verschwendete“ Zeit)
Folie 12-92
- 2) Verkehrsdichte sinkt aufgrund der strikten Einhaltung des Sicherheitsabstands / der Verkehrsregeln. Anpassung (Verkleinerung) des geforderten Sicherheitsabstands aufgrund kürzerer Reaktionszeiten in Zukunft möglich
Folie 12-92

- c) Erläutern Sie das Grundkonzept des Teleoperierten Fahrens und geben Sie den hauptsächlichen Anwendungsfall des Teleoperierten Fahrens an. (3 P.)

Grundkonzept
Das Fahrzeug wird von einem Menschen (dem Operator) aus großer Distanz ohne direkten sichtkontakt ferngesteuert. Für die Orientierung des Operators werden die Signale der Onboard-Sensoren (z. B. Kameras) vom Fahrzeug an das Kontrollzentrum übertragen. Der Operator kann so eine Rundumsicht um das Fahrzeug bekommen und dieses präzise und sicher steuern. (2 P.)
Anwendungsfall
Das Teleoperierte Fahren kann als Back-up-Lösung für das automatisierte Fahren verwendet werden. Bei Erreichen einer Systemgrenze des automatisierten Fahrzeugs, kann dieses vom Operator schnell und effizient in seinen Operationsbereich zurück gesteuert werden. (1 P.)