

## Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 26.02.2019

**Bearbeitungszeit: 90 Minuten**

Die Prüfung besteht aus 15 Aufgaben auf 31 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)	16	16	18	15	16	16	15	3	8	7	18	14
Aufgabe	13	14	15							Summe		
Punkte												
Punkte (maximal)	3	12	11							188		

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)

<b>1. Einführung</b>	a: /6	b: /8	c: /2	<b>/16</b>
----------------------	-------	-------	-------	------------

Sie sind Entwickler bei einem renommierten OEM und werden beauftragt ein grundlegendes Konzept zur Reduktion der Unfallzahlen durch Sekundenschlaf auf Autobahnen aufzustellen. Zunächst gilt es, einem neuen Mitarbeiter das Themenfeld der Fahrerassistenzsysteme näherzubringen und abzugrenzen.

- a) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen Fahrzeugassistenz und Fahrerassistenz. Zählen Sie dazu zwei zentrale Motivationspunkte auf und nennen Sie jeweils ein Beispielsystem. (6 P.)

	<b>Fahrzeugassistenz</b>	<b>Fahrerassistenz</b>
<b>Motivation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> <li>▪</li> </ul>
<b>Beispiel-system</b>		

Das zu entwerfende System soll durch Sekundenschlaf ausgelöste Unfälle auf Autobahnen reduzieren. Dabei gilt es, insbesondere die Folgen, wie das Abkommen von der Fahrbahn sowie das Auffahren auf vorausfahrende Verkehrsteilnehmer, zu verhindern. Ihr Vorgesetzter bittet Sie um jeweils einen Vorschlag entsprechend der Funktionsprinzipien B und C der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

- b) Beschreiben Sie je die grundlegende Funktionsweise eines (ggf. fiktiven) Systems aus Funktionsprinzip B (kontinuierlich automatisiert) und Funktionsprinzip C (kurzzeitig eingreifend in kritischen Situationen), das die oben genannten Risiken reduziert. Geben Sie jeweils auch die Untergruppen (nach BASt) der gewählten Ansätze in den Funktionsprinzipien an. (8 P.)

Ihr Vorgesetzter bittet Sie um eine kritische Einschätzung – entsprechend dem heutigen Stand der Technik – welches der zuvor genannten Funktionsprinzipien für die vorgestellte Problemstellung besser geeignet ist.

- c) Begründen Sie kurz, welches der beiden Funktionsprinzipien nach heutigem Stand der Technik besser für die Problemstellung geeignet ist. (2 P.)

<b>2. Sensorik I</b>	a: /6	b: /6	c: /4	<b>/16</b>
----------------------	-------	-------	-------	------------

- a) Bei Radarsensoren kann die ausgesendete Strahlung als harmonische Wellenfunktion beschrieben werden:

$$u(t) = A_t * \cos(2\pi f_0 + \phi_0)$$

Nennen Sie drei verschiedene Grundarten der Modulation mit Angabe des jeweiligen Parameters aus der obigen Gleichung, der dabei variiert wird. Visualisieren Sie zudem das dabei entstehende Signal. (6 P.)

Modulation mit Parameter	Visualisierung

- b) Bei Radarsensoren wird häufig die sogenannte Dauerstrich-Frequenzmodulation verwendet. Dabei wird die ausgesendete Frequenz linear mit der Steigung  $m$  über der Zeit variiert. Nennen Sie die Messgrößen, die mit diesem Verfahren direkt bestimmt werden können und erklären Sie dabei den Vorteil im Vergleich zu anderen Prinzipien, wie bspw. der Time-of-Flight. Erläutern Sie zudem, wie viele verschiedene Steigungen  $m$  für ein bzw. zwei Zielobjekt(e) nötig sind. (6 P.)

Messgrößen

<b>Anzahl der Steigungen für ein Zielobjekt mit Erklärung</b>
<b>Anzahl der Steigungen für zwei Zielobjekte mit Erklärung</b>

- c) Um beim hochautomatisierten Fahren (ohne externe Sensorik wie bspw. C2X) eine frühzeitige Übernahmeaufforderung an den Fahrer tätigen zu können, ist eine ausreichende Sensorreichweite von großer Bedeutung. Bestimmen Sie die erforderliche Sensorreichweite, wenn der Fahrer 8 s vor der Übernahme dazu aufgefordert werden soll und das Fahrzeug bis 130 km/h im automatisierten Modus betrieben werden kann. Welcher Sensortyp ist aufgrund dieser Anforderung essentiell? (4 P.)

<b>3. Sensorik II</b>	a: /10	b: /3	c: /5	<b>/18</b>
-----------------------	--------	-------	-------	------------

- a) Sie wollen einen bildbasierten Sensor zum Tracken von Objekten verwenden. Sie informieren sich über die einzelnen durchzuführenden Schritte und stoßen dabei auf ein Gesamtkonzept bestehend aus: Merkmalsextraktion, Segmentierung, Klassifikation, Vorverarbeitung und Tracking. Bringen Sie die Schritte in die richtige Reihenfolge, erläutern Sie diese und geben Sie ein dazugehöriges Verfahren an. (10 P.)

Schritt 1: _____	Beschreibung: _____ _____ _____ _____ Verfahren: _____ _____
Schritt 2: _____	Beschreibung: _____ _____ _____ _____ Verfahren: _____ _____
Schritt 3: _____	Beschreibung: _____ _____ _____ _____ Verfahren: _____ _____
Schritt 4: _____	Beschreibung: _____ _____ _____ _____ Verfahren: _____ _____
Schritt 5: _____	Beschreibung: _____ _____ _____ _____ Verfahren: _____ _____

- b) In der Bildverarbeitung wird häufig der sogenannte Canny-Kantendetektor eingesetzt. Nennen und beschreiben Sie die zwei Schritte bei der Anwendung dieses Kantendetektors. (3 P.)

Schritt 1: <hr/>	Beschreibung: _____ _____ _____ _____
Schritt 2: <hr/>	Beschreibung: _____ _____ _____ _____

- c) Mit dem Sobel-Operator wird in der Bildverarbeitung mithilfe der Faltung die „erste Ableitung“ der Bildpunkt-Helligkeitswerte berechnet. Füllen Sie dazu die untenstehende Tabelle aus. (5 P.)

Größe der Faltungsmatrix	
Sobel-Operator in x-Richtung: Qualitative Position der von 0 verschiedenen Einträgen	$G_x = \left( \begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right)$
Sobel-Operator in y-Richtung: Qualitative Position der von 0 verschiedenen Einträgen	$G_y = \left( \begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right)$
Berechnung des Gesamtbetrags	
Unterschied zum Laplace- Operator	

<b>4. Sensorik III</b>	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	<b>/15</b>
	/2	/2	/2	/1	/2	/3	/3	

a) Nennen Sie, wofür das Akronym SLAM steht und erklären Sie kurz das Prinzip dahinter. (2 P.)

b) Erklären Sie kurz das grundlegende Prinzip von GNSS (bspw. GPS) anhand einer Skizze. (2 P.)

c) Wie viele GPS-Satelliten werden mindestens benötigt, um die Position zu ermitteln? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 P.)



- d) Bei einer statischen Messung wird der GPS-Receiver nicht bewegt. Bringt ein Tracking der Position in diesem Fall Vorteile? Wenn ja, nennen und begründen Sie diese. (1 P.)
- e) Nun wird eine dynamische Messung durchgeführt, bei der sich der GPS-Receiver auf einem Fahrzeugdach befindet. Bringt ein Tracking der Position in diesem Fall Vorteile? Wenn ja, nennen und begründen Sie diese. (2 P.)
- f) Nennen Sie zwei in der Vorlesung besprochene Tracking-Methoden. Beschreiben Sie **kurz** die Grundschrirte von einer der Methoden. (3 P.)

- g) Um die Genauigkeit zu steigern, soll zusätzlich eine IMU (Accelerometer und Gyroskope) im Fahrzeug verbaut werden und mit dem GPS-Empfänger fusioniert werden. Diese Fusion kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden. Beschreiben Sie, wie diese Fusion auf der Signalebene (Rohdaten der Sensoren) aussehen könnte. (3 P.)

<b>5. Funktionslogik Regelung</b>	a: /6	b: /10	<b>/16</b>
-----------------------------------	-------	--------	------------

- a) Anforderungen an eine Fahrerassistenzsystemfunktion können in „Fahrstrategische Anforderungen“, „Technische Anforderungen“ sowie „Nicht-technische Anforderungen“ untergliedert werden. Nennen Sie zwei Beispiele je Kategorie. (6 P.)

Fahrstrategische Anforderungen:

- 
- 

Technische Anforderungen:

- 
- 

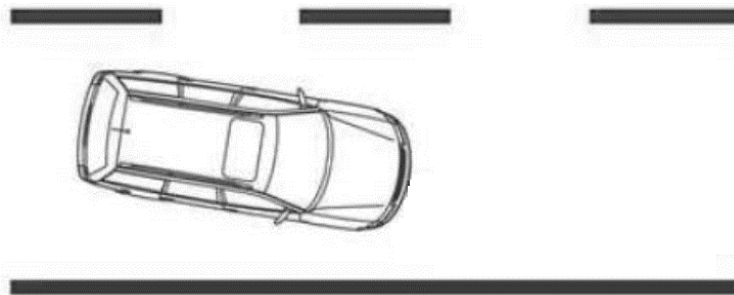
Nicht-technische Anforderungen:

- 
-

- b) Nennen und definieren Sie zwei Kriterien, die beim Lane-Departure-Warning (LDW) als Grundlage zur Ausgabe einer Warnung verwendet werden können. Bitte erläutern Sie die Funktionsweisen der Kriterien anhand der unten dargestellten Skizzen. (10 P.)

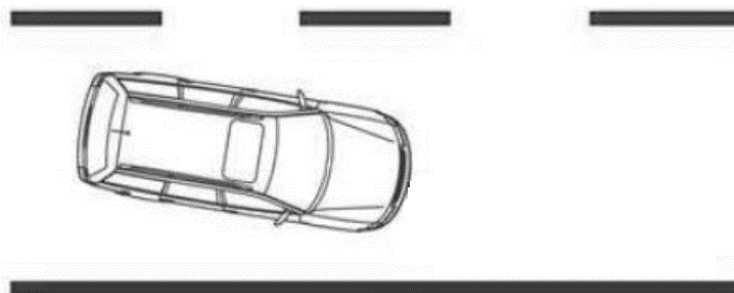
1. Kriterium:

Definition:



2. Kriterium:

Definition:



<b>6. Systemarchitektur</b>	a: /5	b: /4	c: /7	<b>/16</b>
-----------------------------	-------	-------	-------	------------

Für die Entwicklung eines Autobahnassistenten soll ein Zustandsautomat entworfen werden. Dabei sollen nur die folgenden wesentlichen Systemzustände berücksichtigt werden, damit die Situationen für

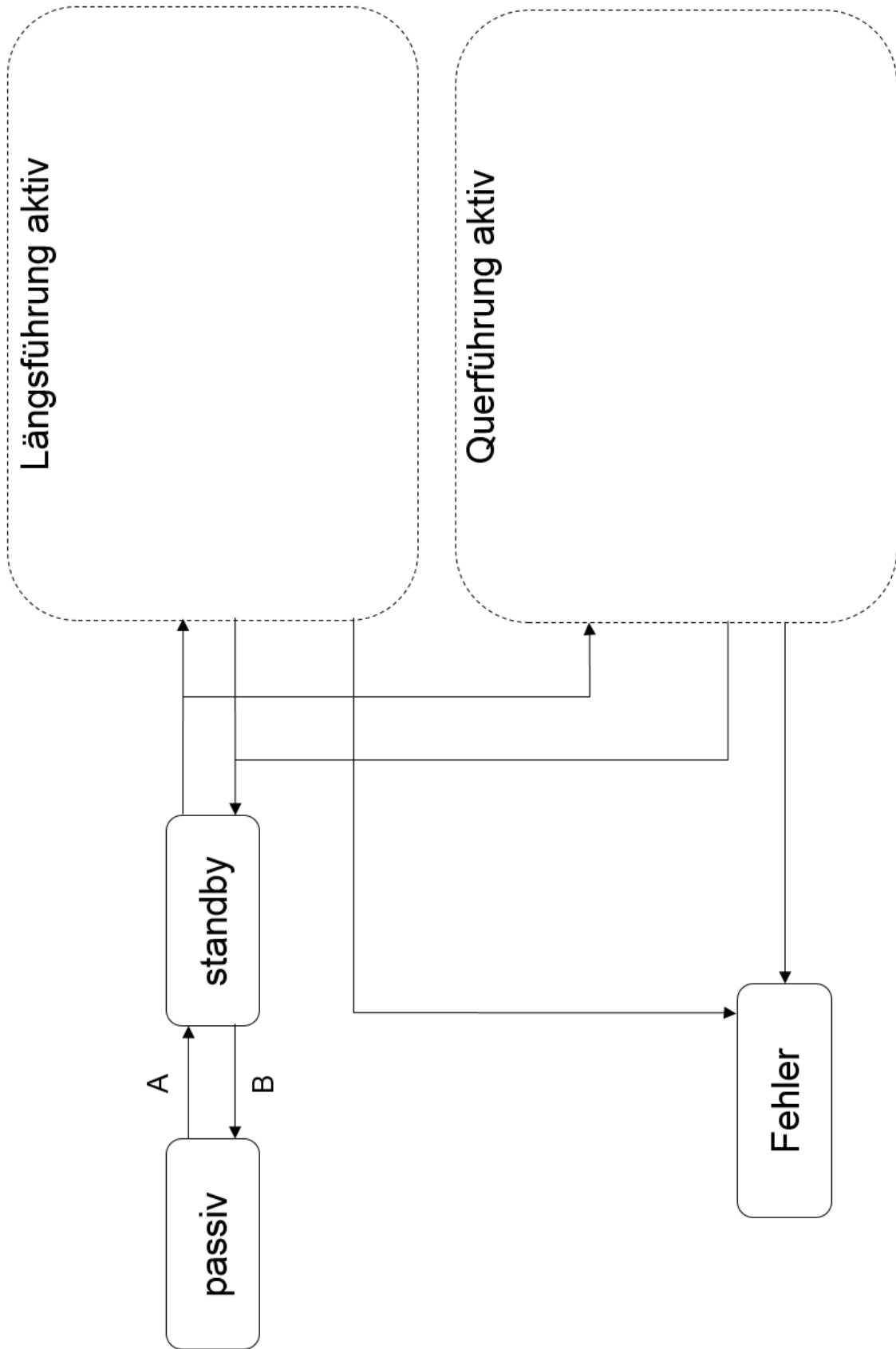
- Freifahrt
- Folgefahrt
- Stillstand halten
- Fahrstreifenmittenführung
- Fahrstreifenwechsel

erfolgreich bewältigt werden können.

Vervollständigen Sie den gegebenen Zustandsautomaten folgendermaßen (Beispiel siehe Tabelle und Skizze):

- a.) Ordnen Sie die gegebenen Zustände den Zustandsautomaten „Längsführung aktiv“ und „Querführung aktiv“ zu, indem Sie diese in die Skizze einzeichnen. (5 P.)
- b.) Ergänzen Sie alle weiteren benötigten Zustandsübergänge mit Hilfe von Pfeilen. (4 P.)
- c.) Beschriften Sie die Zustandsübergänge mit Übergangsbedingungen und verwenden Sie hierfür die gegebene Tabelle. (7 P.)





<b>7. Neuronale Netze</b>	a: /2	b: /5	c: /3	d: /2	e: /3	<b>/15</b>
---------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	------------

a) Zeichnen Sie die grundlegende Struktur eines einzelnen Neurons und benennen Sie alle Variablen. (2 P.)

b) Nennen Sie drei Vorteile von Grafikprozessoren gegenüber herkömmlichen Prozessoren und begründen Sie die weite Verbreitung dieser, beim Training von neuronalen Netzen. (5 P.)

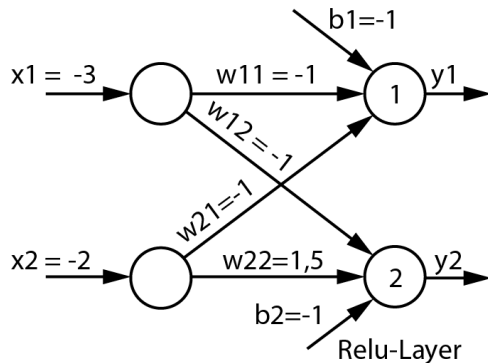
c) Nennen Sie drei oft verwendete Layerarten. (3 P.)



d) Sie wollen ein neues Neuronales Netz trainieren und stehen vor der Wahl zwischen verschiedenen Optimierungsverfahren. Welches sollten Sie in der Regel zuerst verwenden und warum? (2 P.)

- I. Backpropagation
- II. Stochastic Gradient Decent
- III. Adaptive Gradient Decent
- IV. Root Mean Square Propagation
- V. Adaptive Moment Estimation

e) Gegeben ist folgendes Neuronales Netz. Berechnen Sie die Aktivierung der einzelnen Neuronen und den Ausgang am Neuron. (3 P.)



Aktivierung Neuron 1:

Ausgang Neuron 1:

Aktivierung Neuron 2:

Ausgang Neuron 2:


<b>8. Fahraufgabe und Mensch-Maschine-Schnittstelle</b>	a: /1,5	b: /1,5	<b>/3</b>
---	------------	------------	-----------

a) Zu welchen Teilen der Fahraufgabe gehören die folgenden Elemente der Mensch-Maschine-Schnittstelle? (1,5 P.)

- Klimaanlage
- Hupe
- Gaspedal

b) Nennen Sie drei Gestaltungsziele bei der Entwicklung von Bedienelementen. (1,5 P.)

## 9. Kompatibilität

a: /5

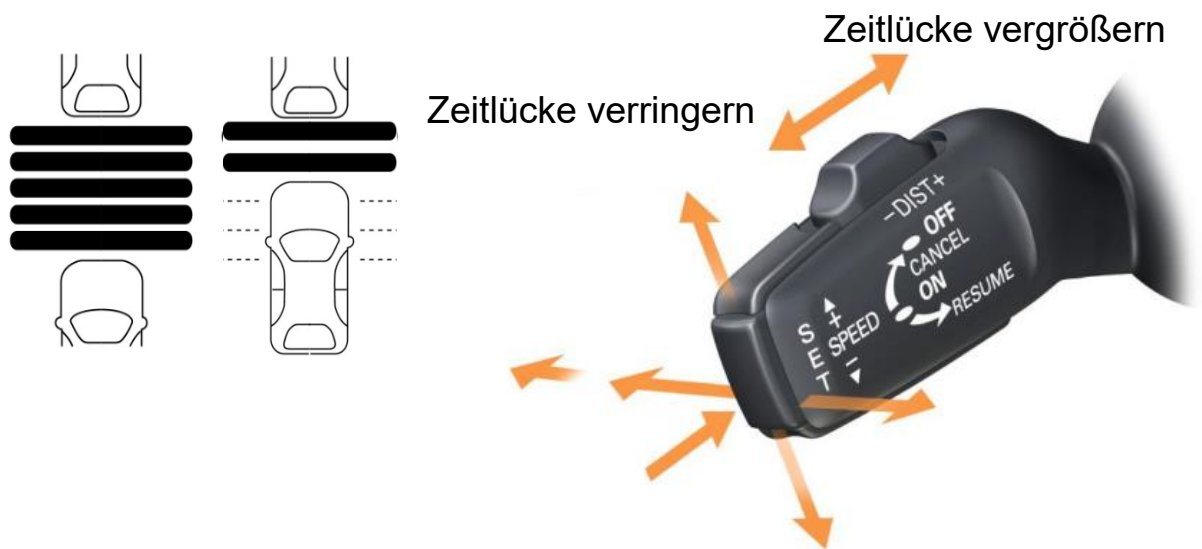
b: /3

/8

- a) Die Längsführung kann bei einem Autobahnassistenten entweder durch eine Trajektorienplanung oder mit Hilfe eines Abstandregeltempomaten (ACC) realisiert werden. Bewerten Sie die Umsetzung der Teilfunktion „Zeitlücke verstellen“ des dargestellten ACC-Bedienelements und die zugehörige Anzeige nach dem Kriterium der primären Kompatibilität.

Es gibt fünf mögliche Werte, die für die Zeitlücke eingestellt werden können, wobei 1 der kleinsten Zeitlücke entspricht.

Die ausgewählte Zeitlücke wird im Kombidisplay dargestellt und kann am ACC-Hebel wie dargestellt verringert oder vergrößert werden. (5 P.)



- b) Bewerten Sie die dargestellten Anzeigen hinsichtlich der Verletzung der verschiedenen Kompatibilitäten. (3 P.)



<b>10. Folgen durch Fahrerassistenzsysteme/Automation</b>	a: /4	b: /2	c: /1	<b>/7</b>
---	----------	----------	----------	-----------

a) Durch Abkopplung des Nutzers von der Fahraufgabe (durch FAS/Automation) kann es unter anderem zu übermäßigem Vertrauen kommen. Nennen und erläutern Sie zwei mögliche Auswirkungen eines zu hohen Vertrauens auf das Verhalten des Fahrers. (4 P.)

b) Erläutern Sie den Begriff Mode Awareness. (2 P.)

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

- I. Keine Kompensation in anderen Aufgabenbereichen
- II. Verbleiben im Controlling

<b>11. ASIL Modell und Controllability</b>	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	h:	i:	
	/0,5	/1	/2	/1,5	/4	/1	/2	/3	/3	<b>/18</b>

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

### Funktionsbeschreibung:

Der zu analysierende Autobahnassistent 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  $1,2 \text{ m/s}^2$  beschleunigen und Verzögerungen bis zu  $5 \text{ m/s}^2$  automatisiert durchführen.

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

### Fehlerbilder:

1. **Unerwartete Verzögerung:** Das Ego-Fahrzeug fährt geregelt in einer Kolonne und verzögert für den Fahrer unerwartet mit  $1 \text{ m/s}^2$ . Ohne Eingriff des Fahrers droht innerhalb von 5 Sekunden eine Kollision.
2. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit  $150 \text{ km/h}$  einem anderen, mit  $90 \text{ km/h}$  vorausfahrenden Fahrzeug. Anstatt einer geregelten automatischen Verzögerung mit maximal  $5 \text{ m/s}^2$  blockieren unerwartet beide Hinterräder. Durch die Blockierbremsung der Hinterräder wird das Ego-Fahrzeug aus dem eigenen Fahrstreifen abgelenkt.

## Unfallsschwere (Severity)

	Injury Description	Class
<b>AIS 0</b>	<b>no injuries</b>	<b>S0</b>
<b>AIS 1</b>	<b>light injuries</b> such as skin-deep wounds, muscle pains, whiplash, etc.	<b>S1</b>
<b>AIS 2</b>	<b>moderate injuries</b> such as deep flesh wounds, concussion with up to 15 minutes of unconsciousness, uncomplicated long bone fractures, uncomplicated rib fractures, etc.	<b>S1</b>
<b>AIS 3</b>	<b>severe but not life-threatening injuries</b> 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.	<b>S2</b>
<b>AIS 4</b>	<b>severe injuries (life-threatening, survival probable)</b> such as concussion with or without skull fractures with up to 12 hours of unconsciousness, paradoxical breathing	<b>S2</b>
<b>AIS 5</b>	<b>critical injuries (life-threatening, survival uncertain)</b> 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	<b>S3</b>
<b>AIS 6</b>	<b>extremely critical or fatal injuries</b> 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.	<b>S3</b>

- a) Tragen Sie die Severity (S) für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (0,5 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (0,5 P. für beide richtigen Antworten)
1. Verzögerung	
2. Blockierbremsung	

### 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: (1 P.)

Fehlerbilder	Controllability - C (0,5 P. für beide richtigen Antworten)	Begründung (0,5 P. für beide richtigen Antworten)
1. Verzögerung		
2. Blockierbremsung		



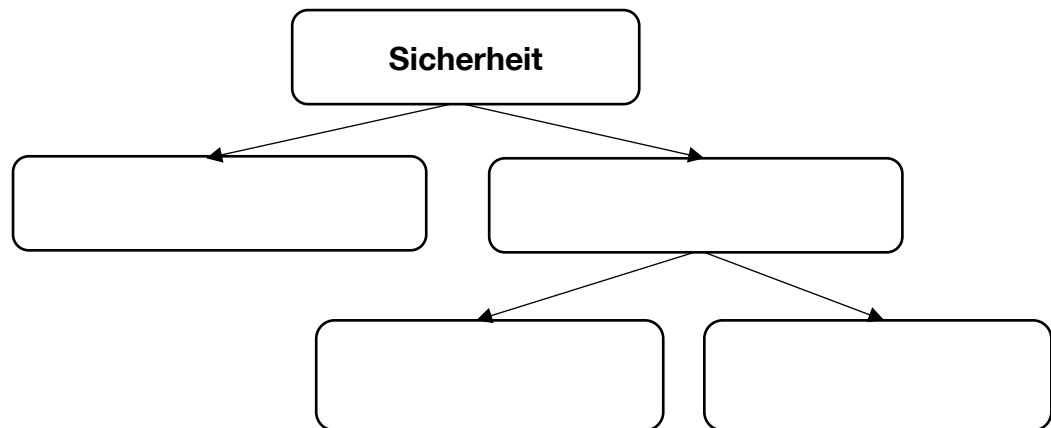
**Weitere Fragen zum ASIL-Modell und zur Controllability:**

- c) Wie lässt sich ein ASIL D durch Dekomposition über ASIL C<sub>(D)</sub> und ASIL A<sub>(D)</sub> redundant aufteilen? (2 P.)
  
- d) Geben Sie die Formel für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (1,5 P. für abhängige Variablen und für die korrekte Formel)
  
- e) Welche Methoden schlägt der ADAS Code of Practice neben der ISO 26262 für die Sicherheitsanalyse vor? (2 P. für Abkürzungen und 2 P. für vollständig ausgeschriebene Namen)
  
- f) Welche Norm verweist auf den ADAS Code of Practice mit dem Hinweis, dass eine Anzahl von 20 gültigen Datensätzen pro Szenario einen grundlegenden Hinweis für Validität liefern kann? (1 P.)
  
- g) Ist das Dokumentationsblatt im ADAS Code of Practice verpflichtend auszufüllen? (2 P.)
  
- h) Nennen Sie drei Teilphasen aus der Konzeptphase. (3 P.)
  
- i) Nennen Sie drei Bewertungsmethoden zum Nachweis der Controllability. (3 P.)

<b>12. Sicherheit</b>	a: /4	b: /3	c: /4	d: /3	<b>/14</b>
-----------------------	-------	-------	-------	-------	------------

Im Rahmen des strukturierten Entwicklungsprozesses nach Maurer (TUBS) nimmt das Sicherheitskonzept eine bedeutende und umfangreiche Rolle ein. Im Folgenden sollen die Grundlagen erläutert und ein Beispielsystem untersucht werden.

- a) Der Begriff „Sicherheit“ umfasst einen weiten Bereich. Im Rahmen der Vorlesung wurde die Sicherheit in weitere Teilbereiche untergliedert. Befüllen Sie dazu die nachfolgende Grafik. (4 P.)



- b) In der Fahrzeugtechnik in Kombination mit dem Themenfeld der Sicherheit wird häufig von der „ISO 26262“ gesprochen. Beschreiben Sie kurz, worum es sich bei der ISO 26262 handelt und welcher Teilbereich der Sicherheit dabei im Fokus steht. (3 P.)

Im Rahmen der Sicherheitsbewertung ist die Gefahren- und Risikobewertung ein zentraler Bestandteil. Für die anschließende Teilaufgabe wird folgende Betriebssituation betrachtet:

- Fahrer fährt außerorts
- Tempomat (betrachtetes System) lässt sich nicht deaktivieren und fordert durchgehend Beschleunigung auf eingestellte Geschwindigkeit

c) Klassifizieren Sie das Risiko der oben aufgeführten Betriebssituation nach der Methodik der ISO 26262 (Exposure, Severity, Controlability). Begründen Sie Ihre Abschätzungen und geben Sie eine Abschätzung für ein ASIL-Level (unter Verwendung der nachstehenden Tabelle). (4 P.)

S	E	C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	A
	E4	QM	A	B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	A
	E3	QM	A	B
	E4	A	B	C
S3	E1	QM	QM	A
	E2	QM	A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

d) Was versteht man unter der so genannten „ASIL-Dekomposition“? Beschreiben Sie den Vorgang und dessen Voraussetzung(en). (3 P.)

<b>13. Analyse und Bewertung FAS I</b>
--

<b>/3</b>
-----------

Erläutern Sie, was der Unfalltyp im Rahmen der Unfallforschung beschreibt und nennen Sie vier verschiedene Ausprägungen. (3 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 65 m, gemessen von der Fahrzeugfront zur möglichen Lage eines Objektes.

Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ beträgt 120 km/h und die des Fahrzeugs „Stau“ am Stauende 0 km/h. Die Gesamtmasse des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ ist 1750 kg und des Fahrzeugs „Stau“ 1380 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  $\Delta v$  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  $a_x = -6,5 \text{ m/s}^2$ . Bitte bedenken Sie, dass die Geschwindigkeitsänderung als Betrag in der Einheit km/h in die Verletzungsrisikofunktion eingesetzt werden muss.

<b>Angabe</b>	
Geschwindigkeit Fahrzeug Stau	0 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Stau	1380 kg
Geschwindigkeit Fahrzeug Notbremsassistent	120 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Notbremsassistent	1750 kg
Max. Verzögerung Fahrzeug Notbremsassistent	-6,5 m/s <sup>2</sup>
Sichtweite Sensor	65 m
k-Faktor	0,1
<b>Verletzungsrisikofunktionen</b>	
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	$\beta_0 = -5 \text{ und } \beta_1 = 0,06$
<b>Formeln für geraden zentrischen Stoß zweier Scheiben</b>	
	$\Delta v_1 = -\frac{m_2 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$
	$\Delta v_2 = \frac{m_1 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$

Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Insasse im Fahrzeug „Notbremsassistent“ nur leichtverletzt. (12 P.)

<b>15. Aktuelle Systeme</b>	a: /4	b: /3	c: /4	<b>/11</b>
-----------------------------	-------	-------	-------	------------

Lane-Keeping-Assistance-Systeme, die den Fahrer bei der Querführung unterstützen, sind bereits seit mehreren Jahren in verschiedenen Ausprägungen in Serienfahrzeugen vorhanden.

- a) Das Verlassen des Fahrstreifens kann durch verschiedene Eingriffsmöglichkeiten verhindert werden. Nennen Sie zwei davon und erläutern Sie jeweils einen Vorteil gegenüber der anderen Eingriffsmöglichkeit. (4 P.)

Eingriff in:	Vorteil:
1) _____	_____ _____ _____
2) _____	_____ _____ _____

- b) Zusätzlich zum aktiven Eingriff des Systems kann das System den Fahrer vor dem Verlassen des Fahrstreifens warnen. Dies kann optisch, akustisch und/oder haptisch geschehen. Tragen Sie in die untenstehende Tabelle jeweils eine sinnvolle Umsetzung der Warnungen ein. (3 P.)

Optisch	
Akustisch	
Haptisch	

- c) LKA-Systeme können in zwei Bereiche eingeteilt werden: Es gibt sicherheitsbezogene Systeme, die ein Verlassen des Fahrstreifens verhindern (Typ I) und es gibt komfortbezogene Systeme, die zusätzlich eine Mittenzentrierung innerhalb des Fahrstreifens ausführen (Typ II). Zeichnen Sie eine qualitative Skizze des unterstützenden Lenkmoments über der Fahrstreifenbreite für beide Typen auf. Beschriften Sie dabei auch die Achsen. (4 P.)