

Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 07.02.2017

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Die Prüfung besteht aus 12 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)	12	25	26	16	18	6	11	7	18	13	11	17
										Summe		
										180		

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. Funktionsdefinition	a: / 6	b: / 6	/ 12
-------------------------------	--------	--------	-------------

Sie sind FAS-Entwickler bei einem deutschen OEM und werden beauftragt einen Autobahnassistenten zu konzipieren. Zuerst machen Sie sich Gedanken zur Funktionsdefinition des Autobahnassistenten.

- a.) Nennen Sie die drei Fahraufgaben des Menschen aus dem Drei-Ebenen-Modell und geben Sie jeweils deren Zeitkonstanten (Größenordnung) an. (6 P.)

Der Autobahnassistent soll folgende Funktionsausprägung besitzen:

- Keine Auf- und Abfahrt von der Autobahn
- Fahrstreifenwechsel sollen nur vom Fahrer getriggert stattfinden
- Beschränkung der maximalen Verzögerung auf $a_x = -4m/s^2$

- b.) Beschreiben Sie *anhand dieser Punkte* inwieweit die obigen drei Fahraufgaben vom System beziehungsweise vom Fahrer übernommen werden. Nennen Sie dabei jeweils ein mögliches Problem hinsichtlich der „Fahr-Aufgabenteilung“ zwischen Mensch und System. (6 P.)

2. Sensorik	a: / 4	b: / 4	c: / 2	d: / 4	e: / 4	f: / 2	g: / 5	/ 25
--------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------------

Im oben genannten System kann ein Radarsensor zur Detektion von anderen Fahrzeugen eingesetzt werden.

- a. Nennen Sie zwei wesentliche Nachteile des „nicht-kohärenten Demodulationsverfahrens“, das zur Pulsmodulation von Radarsignalen eingesetzt werden kann. (4 P.)

- b. Nennen Sie vier Verfahren, die zur Frequenzmodulation von Radarsignalen eingesetzt werden können. (4 P.)

- c. Zusätzlich zum Radarsensor kann ein LiDAR-Sensor zur Detektion anderer Fahrzeuge eingesetzt werden. Beschreiben Sie das Prinzip von „Time-of-Flight-Messungsverfahren“, das bei diesem Sensor zur Abstandsmessung verwendet wird. (2 P.)
- d. Nennen Sie jeweils einen wesentlichen Vorteil und einen wesentlichen Nachteil zur Auswahl des relevanten Zielobjektes mit „Multibeam starr LiDAR“ und „Multibeam SWEEP LiDAR“. (4 P.)

- e. Zusätzlich zu Radar- und LiDAR-Sensoren kann ein Monokamerasensor zur Detektion anderer Fahrzeuge eingesetzt werden. Beschreiben Sie vier wesentliche Schritte, die bei der regionenorientierten Bildsegmentierung anhand des Region-Growing-Prinzips durchgeführt werden. (4 P.)
- f. Nennen Sie drei Verfahren, die zur Klassifikation von extrahierten Merkmalen in Bildern verwendet werden können. (2 P.)

- g. Nennen und beschreiben Sie kurz 5 wesentliche Schritte zur Erkennung von runden Verkehrszeichen. (5 P.)

3. Sensordatenfusion	a: / 9	b: / 3	c: / 5	d: / 9	/ 26
-----------------------------	--------	--------	--------	--------	-------------

Der Autobahnassistent soll die vom Fahrer getriggerten Fahrstreifenwechsel nur durchführen, wenn die Verkehrssituation das zulässt (auch auf deutschen Autobahnen). In dieser Teilaufgabe soll ein Wahrnehmungskonzept speziell für diese funktionale Anforderung entworfen werden. Dieses muss die benötigten Informationen über die (für die Fahrstreifenwechsel-Freigabe) *relevanten Verkehrsteilnehmer* wahrnehmen können.

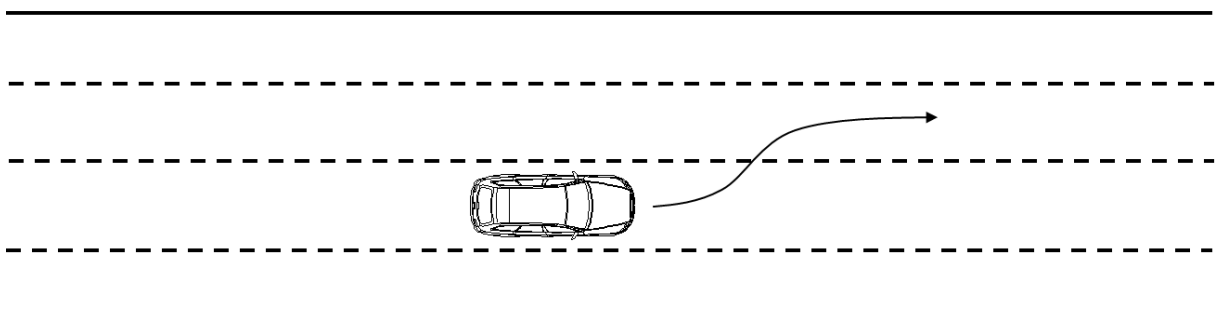
Als benötigte Informationen werden im Folgenden vereinfacht angenommen:

- Objektexistenz (Erkennen, dass ein Verkehrsteilnehmer im Bereich ist)
- Abstand (in Längsrichtung)
- Relativgeschwindigkeit
- Fahrstreifenzuordnung
- Objektlänge

a.) Nennen Sie die drei Fusionsarten. Erläutern Sie kurz die jeweilige Grundidee der Fusionsart. (9 P.)

Im Folgenden sollen Sie ein effizientes Sensorfusionskonzept entwerfen, das alle relevanten Objekt-Informationen für die *Freigabe eines Fahrstreifenwechsels nach links* detektieren kann. Gehen Sie wie folgt vor:

b.) Skizzieren Sie qualitativ den mindestens benötigten Erfassungsbereich in untenstehender Skizze und begründen Sie kurz ihre Wahl. (3 P.)



- c.) Schätzen Sie die notwendigen Abmessungen des benötigten Erfassungsbereichs nach hinten (Sensorreichweiten) mit Hilfe einer Überschlagsrechnung ab. (Annahme v_{max} Deutsche Autobahnen 250 km/h, Betriebsbereich Autobahnassistent 60-180 km/h, Reaktionszeit Durchschnittsfahrer 1,5 s, maximale Verzögerung 8 m/s²). (5 P.)

- d.) Ihnen stehen als Sensoren Long-Range-Radare, Short-Range-Radare, Kameras, Ultraschallsensoren und Laserscanner (keine 360° Scanner) zur Verfügung. Entwerfen Sie ein Sensorkonzept, mit dem durch Sensordatenfusion die aufgelisteten Informationen im Bereich hinter und neben dem Fahrzeug erfasst werden können. Tragen Sie dazu die Sensoren in die Tabelle ein, kreuzen Sie an, welche Informationen der Sensor jeweils liefert und zeichnen Sie die Einbaupositionen und Erfassungsbereiche der von Ihnen verwendeten Sensoren in die Skizze (Aufgabenteil b) ein (qualitativ). (9 P.)

	Objektexistenz	Abstand	Relativ-geschwindigkeit	FS-Zuordnung: y-Position	FS-Zuordnung: FS-Verlauf	Objektlänge

4. Tracking	a: / 12	b: / 4	/ 16
--------------------	---------	--------	-------------

Für die Entscheidung, ob ein Fahrstreifenwechsel durchgeführt werden kann, muss der Bewegungszustand von umliegenden Fahrzeugen geschätzt werden. In dem vorliegenden System soll dies durch einen Entfernungssensor und ein Tracking mittels Kalmanfilter erfolgen.

- a.) Benennen Sie die wichtigsten Schritte des Kalmanfilters, Erklären Sie kurz, was dabei jeweils in dem hier vorliegenden Beispiel passiert und ordnen Sie die Schritte den einzelnen Bestandteilen der dargestellten Gleichung zu (12 P.)

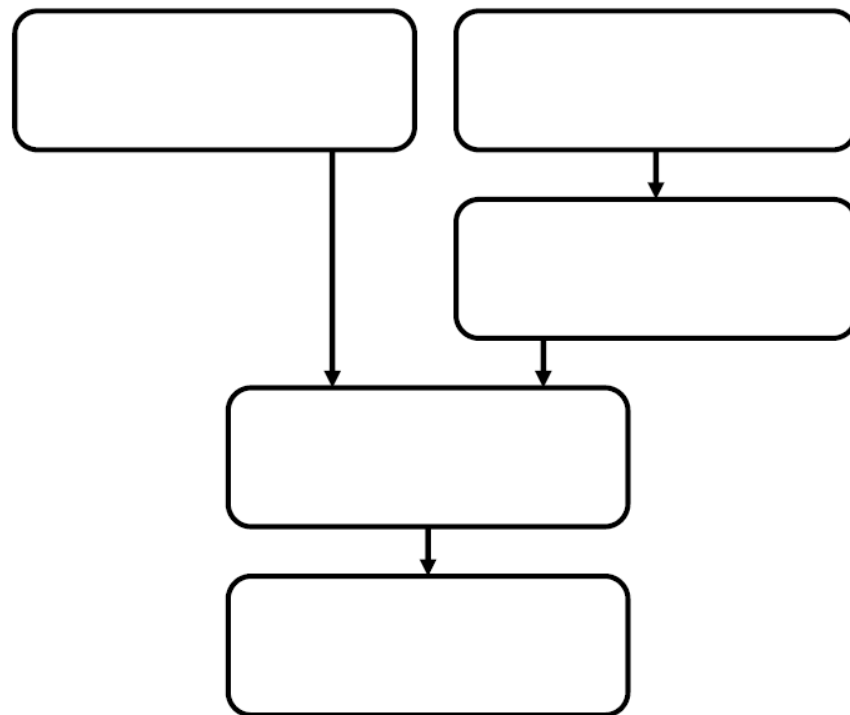
$$\hat{\mathbf{x}}_k(+)=\hat{\mathbf{x}}_k(-)+\bar{\mathbf{K}}_k[\mathbf{z}_k-\mathbf{H}_k\hat{\mathbf{x}}_k(-)]$$

- b.) Im Folgenden soll für das Tracking ein Constant-Velocity Modell (Annahme konstanter Relativgeschwindigkeit) zugrunde gelegt werden. Erstellen Sie ein Zustandsraummodell mit den beiden Zustandsgrößen Abstand und Relativgeschwindigkeit. (4 P.)

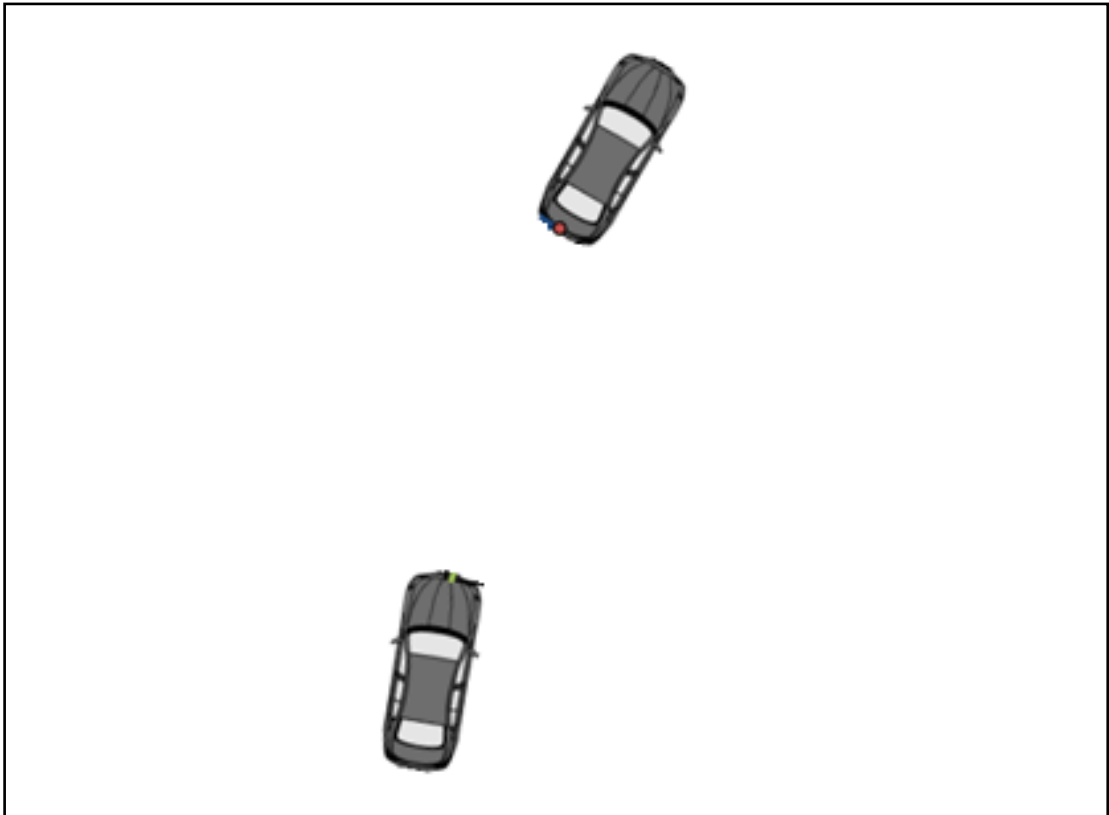
5. Funktionslogik	a: / 5	b: / 7	c: / 4	d: / 2	/ 18
--------------------------	--------	--------	--------	--------	-------------

In der Vorlesung wurde ein Verfahren vorgestellt, mittels dessen potentielle Zielfahrzeuge dem eigenen Fahrkorridor zugeordnet werden können.

- a.) Bitte erläutern Sie die Schritte zur Zielobjektauswahl anhand des vorgegebenen Schemas. (5 P.)



- b.) Wie lässt sich ermitteln, ob sich ein potentielles Zielobjekt im Fahrkorridor befindet? Bitte nennen Sie die dafür in der Vorlesung vorgestellten mathematischen Zusammenhänge und erläutern Sie diese anhand der Skizze. (7 P.)



- c.) Welche Möglichkeiten gibt es die Krümmung der aktuell durchfahrenen Trajektorie anhand von Fahrdynamiksensoren zu bestimmen? Bitte nennen Sie vier Möglichkeiten. (4 P.)

- d.) Nennen und erläutern Sie eine Fahrsituation, bei der das in der Vorlesung vorgestellte Verfahren zur Erkennung von Zielfahrzeugen im Fahrkorridor zu Fehlern führen kann. (2 P.)

Im Rahmen des Entwicklungsprozesses sollen Sie die Risiken des Autobahnassistenten identifizieren. In welche drei Unterkategorien der Sicherheit lassen sich mögliche Risiken einteilen?

Nennen Sie die drei Kategorien der Sicherheit und erklären Sie kurz die Begriffe. (6 P.)

7. Fahraufgabe und Automation	a: / 3	b: / 5	b: / 3	/ 11
--------------------------------------	--------	--------	--------	-------------

- a.) Benennen Sie die Teilaufgaben der Gesamtaufgabe „Auto-Fahren“ und beschreiben Sie die jeweilige Teilaufgabe kurz. Nennen Sie für jede Teilaufgabe ein Beispiel. (3 P.)

- b.) Einerseits könnte ein Autobahnassistent so gestaltet sein, dass die Längs- und Querführung komplett von der Automation übernommen wird und der Fahrer das System dauerhaft überwacht. Andererseits könnte das Fahrzeug ebenso die Längsführung vollständig übernehmen und die Querführung als Kooperation zwischen Fahrer und Automation ausgeführt werden. Welche Teilaufgaben aus Aufgabe 7.a. übernimmt der Fahrer bei aktiver Autobahnassistenz in der jeweiligen Ausprägung? Begründen Sie jede Teilaufgabe anhand eines Beispiels. (5 P.)

Ausprägung 1:

Längs- und Querführung wird komplett von der Automation übernommen.

Ausprägung 2:

Längsführung wird vollständig von der Automation übernommen und Querführung findet als Kooperation zwischen Fahrer und Automation statt.

- c.) Nennen Sie drei Probleme im Hinblick auf den Fahrer, die durch dessen Abkopplung von der Fahrzeugführungsaufgabe aufgrund von Fahrerassistenzsystemen bzw. Automation entstehen können. (3 P.)

8. Kompatibilität

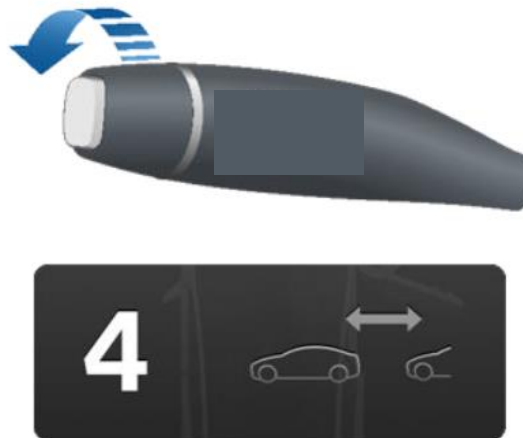
a: / 5

b: / 2

/ 7

- a.) Die Längsführung kann bei einem Autobahnassistenten entweder durch eine Trajektorienplanung oder mit Hilfe eines Abstandregeltempomaten (ACC) realisiert werden. Bewerten Sie die Teilfunktion „Zeitlücke verstellen“ des dargestellten ACC-Bedienhebels und die zugehörige Anzeige nach den primären Kompatibilitäten. Es gibt 7 mögliche Werte, die für die Zeitlücke eingestellt werden können, wobei 1 die kleinste Zeitlücke wiedergibt und die Zeitlücke in Pfeilrichtung verkleinert wird.

(5 P.)



- b.) Bewerten Sie die dargestellte Anzeige hinsichtlich der Verletzung der verschiedenen Kompatibilitäten. (2 P.)



9. Das ASIL Modell – Automotive Safety Integrity Level	a: / 4,5	b: / 4,5	c: / 4,5	d: / 4,5	/ 18
---	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Führen Sie im Folgenden eine ASIL-Bewertung der untenstehenden Fehlerbilder für den beschriebenen Abstandsregeltempomat durch. Beachten Sie dabei die Angaben und bewerten Sie schrittweise zunächst die Unfallschwere, die Auftretenswahrscheinlichkeit und anschließend die Beherrschbarkeit der Fehlerbilder. Bestimmen Sie abschließend die ASIL-Einstufung.

Funktionsbeschreibung:

Der zu analysierende Abstandsregeltempomat 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 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.

Fehlerbilder:

- 1. Unerwartete Übernahmeaufforderung:** Während des Betriebs des Abstandsregeltempomaten kommt es zu einer unerwarteten Initiierung der akustischen Übernahmeaufforderung ohne sichtbaren Grund. Ein aufmerksamer Fahrer weiß, welche Handlung er aufgrund des akustischen Signals durchführen muss. Lediglich ein unaufmerksamer Fahrer könnte sich hierdurch temporär vom Verkehr ablenken lassen. Der sonstige Betrieb des Abstandsregeltempomaten ist nicht eingeschränkt.
- 2. Unerwartete Beschleunigung:** Das Ego-Fahrzeug folgt einem vorausfahrenden Fahrzeug mit einer Zeitlücke von weniger als 1 Sekunde. Das Vorderfahrzeug wird plötzlich vom Radar nicht mehr erkannt und das Ego-Fahrzeug beschleunigt für den Fahrer unerwartet mit $1,2 \text{ m/s}^2$. Ohne Eingriff des Fahrers durch Betätigen der Bremse droht innerhalb von 5 Sekunden eine Kollision.
- 3. Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Abstandsregeltempomaten in einer leichten Kurve mit 120 km/h einem anderen, mit 70 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.

Werte zur Auftretenswahrscheinlichkeit:

Zur Bearbeitung der Aufgabe nehmen Sie folgende Auftretenswahrscheinlichkeiten an:

- Im Durchschnitt wird der Abstandsregeltempomat in 20% der Betriebszeit des Fahrzeugs aktiviert.
- 80% dieser Aktivierungszeit befindet sich das Fahrzeug in Folgefahrt.
- Davon wiederum folgt die Hälfte der Fahrer dem Vorderfahrzeug mit einer Zeitlücke von weniger als einer Sekunde.

Unfallsschwere (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) und eine kurze Begründung in maximal vier Stichworten für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (4,5 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (je 1 P.)	Begründung (je 0,5 P.)
1. Übernahme-Aufforderung		
2. Beschleunigung		
3. Blockierbremsung		

Auftretenswahrscheinlichkeit (Exposure)

Class	E1	E2	E3	E4
Description	Very low probability	Low probability	Medium probability	High probability
Frequency of situation	Occurs less often than once a year for the great majority of drivers	Occurs a few times a year for the great majority of drivers	Occurs once a month or more often for an average driver	Occurs during almost every drive on average
Definition of duration/ probability of Exposure (informative)	Not specified	< 1% of average operating time	1% - 10% of average operating time	> 10% of average operating time

- b.) Tragen Sie die Exposure (E) und eine kurze Begründung in maximal vier Stichworten bzw. einer Annahme für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (4,5 P.)

Fehlerbilder	Exposure - E (je 1 P.)	Begründung (je 0,5 P.)
1. Übernahmeaufforderung		
2. Beschleunigung		
3. 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.

c.) Tragen Sie die Controllability (C) und eine kurze Begründung in maximal vier Stichworten für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (4,5 P.)

Fehlerbilder	Controllability - C (je 1 P.)	Begründung (je 0,5 P.)
1. Übernahmeaufforderung		
2. Beschleunigung		
3. Blockierbremsung		

ASIL-Einstufung

- d.) Ermitteln Sie aus der Severity, Exposure und Controllability in untenstehender Matrix, welche Sicherheitsstufe für das jeweilige Fehlerbild anzusetzen ist und tragen Sie ihr Ergebnis in die Tabelle ein. Überprüfen Sie auf Plausibilität der Ergebnisse. Zum Ausschließen von Folgefehlern besteht die Möglichkeit neue Werte zu verwenden (4,5 P.)

		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

Zur Erläuterung:

Quality Management (QM): Keine Anforderungen zur Erfüllung der ISO 26262.

ASIL-A niedrige Sicherheitsanforderungen.

ASIL-D sehr hohe Sicherheitsanforderungen.

Fehlerbilder	ASIL (je 1,5 P.)
1. Übernahmeaufforderung	
2. Beschleunigung	
3. Blockierbremsung	

10. Systemarchitektur	a: / 3	b: / 8	c: / 2	/ 13
------------------------------	--------	--------	--------	-------------

Für den Autobahnassistenten soll im nächsten Schritt ein Zustandsautomat entworfen werden. Bei der Auslegung des Assistenten wird unter anderem zwischen Systemzuständen der Längsführung und Systemzuständen der Querführung unterschieden.

Der Autobahnassistent soll des Weiteren mittels einer Hands-On-Funktion bewerten, ob der Fahrer seine Hände am Lenkrad hat und nur dann in die Querführung eingreifen.

- a.) Erläutern Sie unter welchen Voraussetzungen Eingriffe von
- nur der Längsführung
 - nur der Querführung
 - Längs- und Querführung
- durch den Autobahnassistenten erforderlich sind. (3 P.)

- b.) Bitte nennen Sie vier relevante Systemzustände und ordnen Sie diese der Längs- oder Querführung des Autobahnassistenten zu. Bitte geben Sie außerdem die entsprechenden Eintrittsbedingungen an. (8 P.)

Systemzustand Längsführung	Eintrittsbedingung(en)

Systemzustand Querführung	Eintrittsbedingung(en)

- c.) In welchen übergeordneten Systemzuständen kann sich der Autobahnassistent zusätzlich befinden? Bitte nennen Sie zwei Zustände mit den jeweiligen Eintrittsbedingungen. (2 P.)

11. Sicherheitskonzept	a: / 6	b: / 5	/ 11
-------------------------------	--------	--------	-------------

Mehrere, teils fatale Unfälle im Jahr 2016 haben die Gefahren eines ähnlichen Assistenzsystems dramatisch verdeutlicht. Bei den Unfällen sind die Grenzen der Systemfähigkeiten, gerade im Bereich der Wahrnehmung, deutlich geworden. Das Hauptproblem war dabei, dass den Kunden nicht ausreichen bewusstgemacht wurde, dass sie das System dauerhaft überwachen müssen. Um ein möglichst sicheres System auf den Markt zu bringen, wird folgendes Sicherheitsziel definiert:

Das System ist nur dauerhaft aktiv, wenn der erkannte Fahrerzustand auf eine Überwachung des Systems hindeutet.

Im Rahmen einer Experteneinschätzung sind folgende, kritische Fahreraktionen identifiziert worden:

- Auf den Beifahrersitz/Rücksitz klettern
- Schlafen, mit/ohne Sitz nach hinten lehnen
- Dauerhaft das Smartphone nutzen

Beschreiben und begründen Sie kurz ein Konzept, wie Sie dieses Sicherheitsziel für die drei beschriebenen Situationen umsetzen würden. Beantworten Sie dabei kurz folgende Fragen mit jeweils kurzer Begründung: (11 P.)

a) Wie würden Sie das Verhalten des Fahrers jeweils erkennen? (6 P.)

Auf den Beifahrersitz/Rücksitz klettern	
Schlafen, mit/ohne Sitz nach hinten lehnen	
Dauerhaft das Smartphone nutzen	

- b) Wie sollte auf die Fahreraktivitäten reagiert werden, um eine möglichst sichere Funktion mit akzeptablem Aufwand zu realisieren? Begründen Sie ihre Antwort. (5 P.)

Als Entwickler möchten Sie den Nutzen des um einen Notbremsassistenten erweiterten Autobahnassistenten bewerten. Als ein kritisches Szenario haben Sie einen Auffahrunfall in einer Kurve identifiziert.

- a.) Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit für eine mindestens leichte, mindestens schwere und tödliche Verletzung der Insassen des Fahrzeugs mit der Autobahnassistentenfunktion (Fahrzeug „Autobahnassistent“), die eine maximale Verzögerung von $a_x = -4,0 \text{ m/s}^2$ ermöglicht, für einen Auffahrunfall auf ein stehendes Fahrzeug am Stauende.

Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs „Autobahnassistent“ beträgt 130 km/h und die des Fahrzeugs „Stau“ am Stauende 0 km/h. Die Gesamtmasse des Fahrzeugs „Autobahnassistent“ beträgt 1800 kg und des Fahrzeugs „Stau“ 1400 kg. Bei allen Kollisionen handelt es sich um gerade zentrische Stöße zweier Scheiben und 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 mit der maximalen applizierten Verzögerung – für den Autobahnassistentenmodus $a_x = -4,0 \text{ m/s}^2$ – insgesamt wird 1,5 Sekunden verzögert. (9 P.)

Angabe	
Geschwindigkeit Fahrzeug Stau	0 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Stau	1400 kg
Geschwindigkeit Fahrzeug Autobahnassistent	130 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Autobahnassistent	1800 kg
Verzögerung in Sekunden	1,5 s
k-Faktor	0,1
Verletzungsrisikofunktionen	
Mindestens leichtverletzt	$\beta_0 = -1,5$ und $\beta_1 = 0,08$
Mindestens schwerverletzt	$\beta_0 = -4,5$ und $\beta_1 = 0,0725$
Tödliche Verletzung	$\beta_0 = -8$ und $\beta_1 = 0,075$
Formeln für gerade zentrischen Stoß zweier Scheiben	
	$\Delta v_1 = -\frac{m_2 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$
	$\Delta v_2 = \frac{m_1 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$

- b.) Nun betrachten Sie die Funktionserweiterung des Autobahnassistenten um einen Notbremsassistenten, der mit einer Beschleunigung von maximal $a_x = -10,0 \text{ m/s}^2$ verzögern kann. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeiten für den Fall, dass sich ein Insasse im Fahrzeug „Autobahnassistent“ nur leichtverletzt und nur schwerverletzt. (8 P.)