

Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 02.08.2018

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Die Prüfung besteht aus 16 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	18	20	15	15	6	12	15	2	7	9	18
Aufgabe	13	14	15	16						Summe		
Punkte												
Punkte (maximal)	14	3	12	11						189		

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

a: / 8

b: / 4

/ 12

Benennung und Klassifizierung automatisierter Fahrfunktionen nach Definition der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

- a) Nennen Sie die fünf Grade der Automatisierung entsprechend der Definition der BASt in geordneter Reihenfolge (*linke Spalte*). Benennen Sie dabei in kurzen Stichpunkten jeweils einen markanten Unterschied zur vorherigen Stufe (*rechte Spalte*). (8 P.)

Automatisierungsgrad	

- b) Nennen Sie alle grundlegenden Funktionsprinzipien / Wirkweisen, nach denen Fahrerassistenzsysteme entsprechend der BAST kategorisiert werden. Nennen Sie dazu jeweils die Kurzkenntung sowie die zugehörige Bezeichnung bzw. Kurzbeschreibung. Geben Sie zusätzlich an, welchem Funktionsprinzip die in Aufgabe a) erarbeiteten Automatisierungsgrade untergeordnet sind. (4 P.)

2. Aufgabe: ACC - Sensorik	a: / 2	b: / 4	c: / 3	d: / 7	e: / 2	/ 18
---------------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	-------------

In Ihrer Firma soll für einen Kunden ein neues ACC-System entwickelt werden, das wirtschaftlich hergestellt werden kann und möglichst unabhängig von Witterungseinflüssen arbeitet. Sie werden beauftragt, aus Ultraschall, Radar, Lidar, Mono- und Stereokamera den passenden Sensor auszuwählen.

a) Nennen Sie Ihre Wahl und begründen Sie kurz Ihre Entscheidung. (2 P.)

Sensor	Begründung

b) Nennen Sie für jeden der nicht gewählten Sensoren den entscheidenden Faktor, warum der jeweilige Sensor nicht für den vorliegenden Einsatzzweck geeignet ist. (4 P.)

Sensor 1	Entscheidender Faktor
Sensor 2	Entscheidender Faktor
Sensor 3	Entscheidender Faktor
Sensor 4	Entscheidender Faktor

Der Kunde entschließt sich, einen auf dem Time-of-Flight-Prinzip basierenden Sensor vorzugeben. Er wünscht zudem, dass mit dem Sensor der Abstand zu einem Objekt mit einer Wiederholgenauigkeit von mindestens 10 cm ($|d_{\text{Fehler}}| \leq 0,1 \text{ m}$) bestimmt werden muss. Die Abtastrate des Sensors beträgt $f = 20 \text{ Hz}$.

- c) Erklären Sie kurz das Time-of-Flight-Prinzip. Geben Sie zudem die Formel für die Bestimmung des Abstandes an. (3 P.)

Formel	Erklärung

- d) Berechnen Sie den maximalen Fehler, der bei der Berechnung der Relativgeschwindigkeit durch Ableitung der Abstandsmessung in einem Zeitschritt auftreten kann. Fertigen Sie dabei auch eine Skizze an. (7 P.)

- e) Beschreiben Sie eine Möglichkeit, den entstehenden Fehler zu verkleinern. (2 P.)

3. Aufgabe: Kamera	a: / 5	b: / 4	c: / 4	d: / 5	e: / 2	/ 20
-------------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------------

Für ein Fahrzeug mit einem eigenständigen Lane Keeping Assist soll ein Kamerasystem ausgewählt werden. Dazu beschäftigen Sie sich zuerst mit den Grundlagen und machen sich mit dem Unterschied zwischen kontinuierlichen und diskreten Auflösungen von Ort, Zeit und Werten vertraut.

- a) Skizzieren Sie die einzelnen Ausprägungen aus der Kombination zwischen Zeit und Wert. Tragen Sie dabei mindestens einmal die Achsenbeschriftung ein. (5 P.)

Wert	kontinuierlich		
	diskret		
		kontinuierlich	diskret
		Zeit	

- b) Welche Ausprägung (kontinuierlich / diskret) tritt in der Realität auf und welche nachdem die Kamera die Umgebung erfasst hat? Durch welche Eigenschaften der Kamera wird die jeweilige Ausprägung von Zeit, Ort und Wert erreicht? (4 P.)

Realität:
Nach Kamera:
Zeit:
Ort:
Wert:

- c) Ihr Vorgesetzter schlägt vor, für den Lane Keeping Assist anstatt einer Mono- eine Stereokamera zu verwenden. Bewerten Sie diesen Ansatz, indem Sie je einen Vorteil und einen Nachteil aufzeigen und geben Sie mit kurzer Begründung an, für welchen Kameratyp Sie sich entscheiden. (4 P.)

Vorteil:
Nachteil:
Entscheidung:

- d) Sie sollen nun das Kamerasystem auslegen: Wie viele Pixel in horizontaler Richtung kann eine schwarz-weiß Stereokamera im 16:9 Format mit 256 Helligkeitsstufen haben, um eine maximale Datenmenge von 5 Megabyte pro Sekunde nicht zu überschreiten. Die Kamera arbeitet dabei mit einer Frequenz von 25 Hz. (5 P.)

- e) Wie könnte ein Regelsystem für die Querführung in Stausituationen ohne Kamera umgesetzt werden? (2 P.)

4. Aufgabe: Sensor-Fusion	a:	b:	c:	d:	e:	f:	
	/ 1	/ 2	/ 3	/ 4	/ 3	/ 2	/ 15

Ein Fahrzeug fährt auf einer geraden Schiene. Mit einem nach hinten gerichteten LIDAR kann die Distanz zum Startpunkt bestimmt werden und mit einem Accelerometer die Beschleunigung in Fahrtrichtung. Für das Tracking und die Sensor-Fusion soll ein Kalman Filter verwendet werden.

Spezifikation des LIDAR:

- Ausgabefrequenz: 10 Hz
- Gemessener Wert: Distanz zum Startpunkt in m
- Genauigkeit: 0,5 m

Spezifikation des Accelerometers:

- Ausgabefrequenz: 100 Hz
- Gemessener Wert: Beschleunigung in Fahrtrichtung in g
- Genauigkeit: $\pm 0,05$ g

a) Nennen Sie drei Vorteile, die durch das Tracking und die Sensor-Fusion erreicht werden. (3 P.)

b) Bevor die Daten der Sensoren fusioniert werden können, muss eine Umrechnung stattfinden. Nennen Sie eine Möglichkeit. (1 P.)

- c) Entwerfen Sie einen passenden Zustandsvektor für den Kalman Filter und benennen Sie kurz seine Komponenten. (2 P.)

$$\hat{x} = \begin{pmatrix} \\ \end{pmatrix}$$

- d) Wie sieht die entsprechende Systemmatrix für den Zustandswechsel von $k - 1$ zu k aus? Für die vergangene Zeit zwischen den Zuständen ist Δt zu verwenden. (4 P.)

$$X_k = \begin{pmatrix} & \\ & \end{pmatrix} X_{k-1}$$

- e) Welche drei Schritte werden beim Kalman Filter rekursiv durchlaufen? In welchem Schritt wird der Kalmanfaktor (K) bestimmt und was wird durch den Kalmanfaktor beeinflusst? (3 P.)

- f) Wägen Sie ab, ob es für die hier beschriebenen Sensor-Fusion Sinn macht, einen Extended Kalman Filter zu nutzen und begründen Sie die Entscheidung. (2 P.)

5. Aufgabe: Funktionslogik Regelung	a: / 4	b: / 2	c: / 9	/ 15
--	--------	--------	--------	-------------

a) Erläutern Sie die Funktionsweise eines Dynamic Cruise Control (DCC). Welche zwei Ausprägungen gibt es? (4 P.)

b) In wie weit stellt ein Adaptive Cruise Control (ACC) eine Erweiterung eines Dynamic Cruise Controls (DCC) dar? (2 P.)

c) Skizzieren Sie für die gegebenen Ausprägungen von ACC die prinzipiellen Betriebsbereiche in Abhängigkeit von Geschwindigkeit (X-Achse) und Beschleunigung (Y-Achse). (9 P.)

1. ACC mit Längsführung über 30 km/h



2. ACC mit Verzögerung bis in den Stillstand



3. ACC (Full-Speed-Range) mit Verzögerung bis in den Stillstand und Wiederanfahren aus dem Stillstand



Sie benutzen das Fahrerassistenzsystem ACC. Ihre Geschwindigkeit ist im Vergleich zu der Geschwindigkeit des Fahrzeugs vor Ihnen erhöht. Als Folge dessen reduziert das ACC die Geschwindigkeit Ihres Fahrzeugs. Die Funktionslogik Ihres ACC durchläuft dabei zunächst eine Situationsinterpretation, dann eine Verhaltensgenerierung und als letztes eine Verhaltensentscheidung.

Bitte erläutern Sie die Funktionslogik eines ACC anhand des beschriebenen Beispiels. Gehen Sie dabei auf die Begriffe Situationsinterpretation, Verhaltensgenerierung und Verhaltensentscheidung ein. (6 P.)

7. Aufgabe: Aktorik	a: / 2	b: / 10	/12
----------------------------	--------	---------	------------

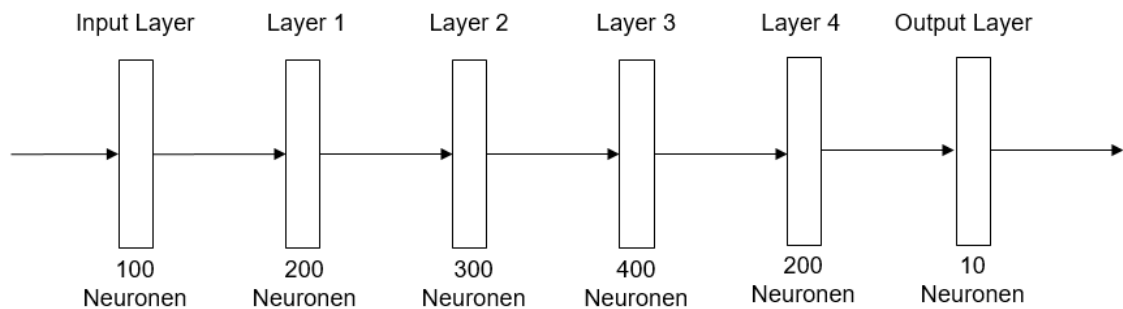
Damit Fahrerassistenzsysteme in die Fahrweise eines Fahrzeugs eingreifen können, wird der Fahrzeugantrieb in der Regel „by-wire“ ausgelegt.

a) Welche Sicherheitsanforderung gilt es dabei zu berücksichtigen? (2 P.)

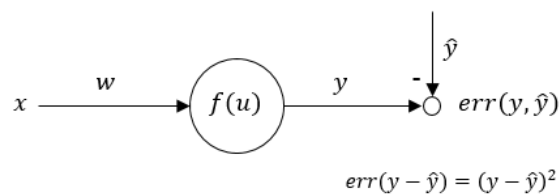
b) Welche drei Möglichkeiten zur Risikominimierung gibt es? Bitte erläutern Sie diese kurz. Wo ist die Automobilindustrie einzuordnen? (10 P.)

8. Aufgabe: Neuronale Netze	a: / 3	b: / 4	c: / 1	d: / 4	e: / 3	/ 15
--	--------	--------	--------	--------	--------	-------------

- a) Berechnen Sie die optimale Standardabweichung der Initialisierung der Gewichte der vierten Ebene im folgenden neuronalen Netz (3 P.)



- b) Leiten Sie die Änderung eines einzelnen Gewichtes anhand des Backpropagation Verfahren an einem einzelnen Neuron her. Nehmen Sie die Relu Aktivierungsfunktion und die gegebene Fehlerfunktion an (4 P.)

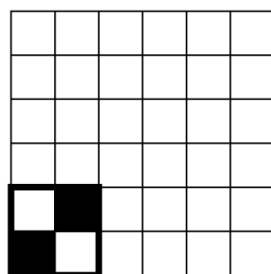


c) Was besagt die Lernrate α aus? (1 P.)

d) Beschreiben Sie den Effekt des Over- und Underfittings. Wie lässt sich dieser beim Training von Neuronalen Netzen vermeiden? (4 P.)

e) Gegeben ist die linke untere 2x2 Ecke des Eingangs eines 6x6 Convolution Layers mit einem 2x2 Filter und das zugehörige Ergebnis des nachgeschalteten 2x2 Maxpool Layers. (3 P.)

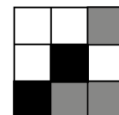
- I. Geben Sie den dazugehörigen Convolution Filter an.
- II. Füllen Sie die restliche Eingangsmatrix so, dass sich der gegebene Ausgang ergibt.



Eingang



Convolution
Filter



MaxPool
Ausgang

Zu welchen Teilen der Fahraufgabe gehören die folgenden Elemente der Mensch-Maschine-Schnittstelle? (2 P.)

- Radio/Infotainment (Bildschirmbedienung)
- Lenkrad
- Blinker
- Elemente der Sitzeinstellung

10. Aufgabe: Kompatibilität

a: / 5

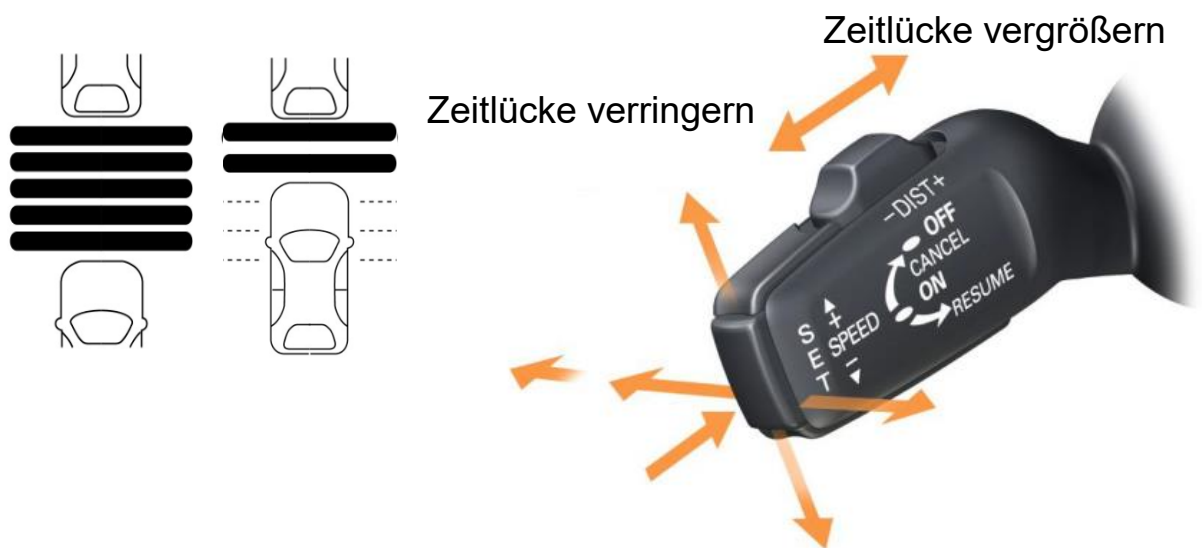
b: / 2

/ 7

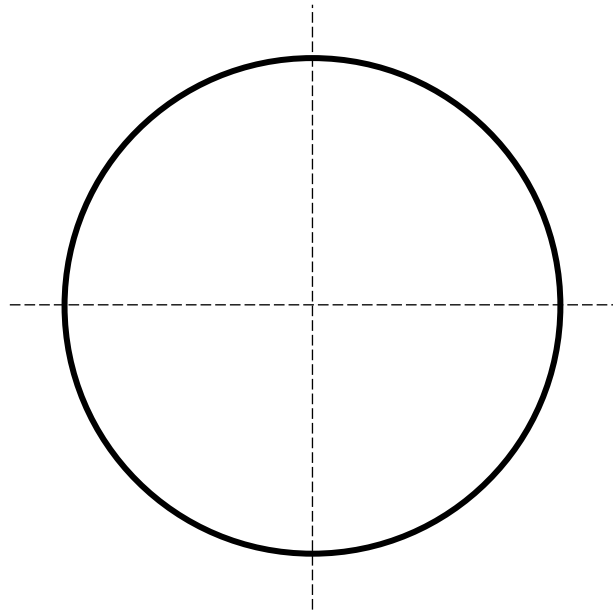
- a) Die Längsführung kann bei einem Autobahnassistenten entweder durch eine Trajektorienplanung oder mit Hilfe eines Abstandregeltempomaten (ACC) realisiert werden. Bewerten Sie die Umsetzung der Teilfunktion „Zeitlücke verstellen“ des dargestellten ACC-Bedienelements und die zugehörige Anzeige nach 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) Untenstehende Tankanzeige verletzt Aspekte der sekundären Kompatibilität. Zeichnen Sie in nebenstehende Vorlage eine korrekte Version. Achten Sie dabei auf Eindeutigkeit! (2 P.)



11. Aufgabe: Folgen durch FAS/Automation	a: / 1,5	b: / 4	c: / 2	d: / 1,5	/ 9
---	----------	--------	--------	----------	------------

a) Nennen Sie die 3 Ebenen des menschlichen Verhaltens nach Rasmussen. (1,5 P.)

b) Wie wirkt sich eine zunehmende Automatisierung auf die Fähigkeiten des Menschen aus, ein Fahrzeug manuell zu fahren? Nennen und erklären Sie zwei Auswirkungen und beziehen Sie sich dabei auf die oben genannten Ebenen. Nennen Sie jeweils ein Beispiel. (4 P.)

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

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

- I. Höhere Beanspruchung des Fahrers
- II. Steigerung der Aufmerksamkeit
- III. Verringerter Situationsbewusstsein für nicht überwachungsrelevante Reize

12. Aufgabe: ASIL Modell und Controllability	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	h:	i:	
	/ 1	/ 2	/ 2	/ 2	/ 4	/ 1	/ 2	/ 2	/ 2	/18

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 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 m/s^2 . Ohne Eingriff des Fahrers droht innerhalb von 6 Sekunden eine Kollision.
2. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit 140 km/h einem anderen, mit 90 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.

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) für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (1 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (1 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: (2 P.)

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

Weitere Fragen zum ASIL-Modell und zur Controllability:

- c) Durch welchen Zahlenwert wird ASIL $D_{(\infty)}$ bei einer Dekomposition ersetzt? (2 P.)
- d) Geben Sie die Formel für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (2 P. für abhängige Variablen und für korrekte Formel)
- e) Welche Methoden schlägt der ADAS Code of Practice neben der ISO 26262 für die Sicherheitsanalyse vor? (4 P. Abkürzungen sind ausreichend)
- 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) Wofür dient das Dokumentationsblatt im ADAS Code of Practice? (2 P.)
- h) Nennen Sie die beiden Hauptentwicklungsphasen aus dem allgemeinen Entwicklungsprozess. (2 P.)
- i) Nennen Sie eine Bewertungsmethode zum Nachweis der Controllability. (2 P.)

13. Aufgabe: Entwicklungsprozess	a: / 3	b: / 5	c: / 4	d: / 2	/ 14
---	-----------	-----------	-----------	-----------	-------------

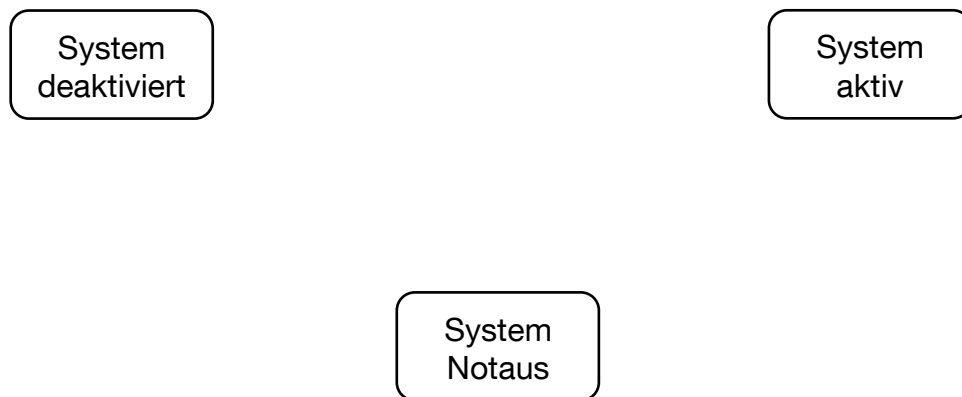
In der Vorlesung wurde die von Prof. Maurer (TU BS) entwickelte Methode für den systematischen Entwurf von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt. Im Folgenden soll ein Konzept für einen Lane Keeping Assist entwickelt werden. Im Rahmen dessen werden exemplarisch drei Teilschritte („*Systemarchitektur*“, „*Technische Machbarkeit*“ und „*Sicherheitskonzept*“) des Entwicklungsprozesses durchlaufen.

- a) Skizzieren Sie die grundlegende Struktur des Entwicklungsprozesses nach Maurer (ohne Beschriftungen). Kennzeichnen Sie die drei Teilschritte „*Systemarchitektur*“, „*Technische Machbarkeit*“ und „*Sicherheitskonzept*“ in der angefertigten Skizze. (3 P.)

Der zu entwickelnde Lane Keeping Assist soll folgende Eigenschaften erfüllen:

- Bestimmung des optimalen Lenkwinkels, um das Fahrzeug in der Mitte des erkannten Fahrstreifens zu halten
- Nur aktiv / aktivierbar, wenn:
 - Blinker nicht aktiv
 - Fahrer im Kontakt mit Lenkrad
 - Keine starken Lenkbewegungen durch den Fahrer

b) Erstellen Sie einen Zustandsautomaten, in dem die grobe Funktionsweise abgebildet wird. Im Vorhinein wurden bereits drei Zustände identifiziert, die das grundlegende Verhalten des Systems abbilden sollen. Ergänzen Sie den Zustandsautomaten um sinnvolle *Zustandsübergänge* und *beschriften* Sie diese dementsprechend. (5 P.)



Nachfolgend soll die technische Machbarkeit des Systems analysiert werden. Dabei liegt der Fokus in diesem Schritt auf der benötigten Hardware zur Umsetzung des Lane Keeping Assist.

- c) Beschreiben Sie stichpunktartig jeweils eine zentrale Aufgabe im Bereich Sensorik und Aktorik, die vom System erfüllt werden muss. Geben Sie dazu je ein Beispiel für eine geeignete Hardwarekomponente. (4 P.)

- d) Aus Sicht der funktionalen Sicherheit müssen sicherheitsrelevante Fehlfunktionen identifiziert und bewertet werden. Nennen Sie eine potentiell gefährliche Fehlfunktion des Lane Keeping Assist. (2 P.)

15.Aufgabe: Analyse und Bewertung FAS	a: / 2	b: / 2	c: / 8	/ 12
--	-----------	-----------	-----------	-------------

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 80 m, gemessen von der Fahrzeugfront zur möglichen Lage eines Objektes.

Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ beträgt 135 km/h und die des Fahrzeugs „Stau“ am Stauende 0 km/h. Die Gesamtmasse des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ ist 1900 kg und des Fahrzeugs „Stau“ 1500 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 konstant mit der maximalen applizierten Verzögerung – für den Notbremsassistentenmodus $a_x = -6,0 \text{ m/s}^2$. 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	1500 kg
Geschwindigkeit Fahrzeug Notbremsassistent	135 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Notbremsassistent	1900 kg
Max. Verzögerung Fahrzeug Notbremsassistent	-6 m/s ²
Sichtweite Sensor	80 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 geraden zentrischen Stoß zweier Scheiben	$\Delta v_1 = -\frac{m_2 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$ $\Delta v_2 = \frac{m_1 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$

a) Bestimmen Sie die Zeit t , die das Fahrzeug „Notbremsassistent“ nach der Detektion des Fahrzeugs „Stau“ bis zur Kollision verzögert. Sensor- oder Systemverzögerungszeiten sind hierbei zu vernachlässigen. (2 P.)

b) Bestimmen Sie anhand der ermittelten Verzögerungszeit die durch den Aufprall der Fahrzeuge resultierende Geschwindigkeitsänderung des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ ($\Delta v_{\text{Notbremsassistent}}$) (2 P.)

Falls Sie in Aufgabenteil a) kein Ergebnis berechnen konnten, verwenden Sie $t = 3,5 \text{ s}$

- c) Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeiten für eine mindestens leichte, mindestens schwere sowie tödliche Verletzung der Insassen des Fahrzeugs „Notbremsassistent“. (8 P.)

Falls Sie in Aufgabenteil b) kein Ergebnis berechnen konnten, verwenden Sie

$$\Delta v_{\text{Notbremsassistent}} = \left| -25 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right|.$$

16. Aufgabe: Aktuelle Systeme	a: / 4	b: / 5	c: / 2	/ 11
--------------------------------------	--------	--------	--------	-------------

- a) Forward-Vehicle-Collision-Systeme (FVC-Systeme) sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Beschreiben Sie kurz den Funktionsumfang der Systeme, die in der untenstehenden Tabelle angegeben sind. (4 P.)

System	Beschreibung
FVC-Conditioning	
FVC-Warning	
FVC-Mitigation	
FVC-Avoidance	

- b) In welchem Abstand zu einem stehenden Fahrzeug muss ein Warnsystem mindestens warnen, um bei einer Reaktionszeit des Fahrers von $t_{\text{reak}} = 0.8 \text{ s}$ und einer maximalen Bremsleistung von $a_{\text{max}} = 6 \text{ m/s}^2$ (liegt konstant und unmittelbar nach Bremsbeginn an) einen Unfall gerade noch verhindern zu können? Das Fahrzeug fährt dabei mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $v_{\text{ego}} = 80 \text{ km/h}$. (5 P.)

- c) Besonders für Auffahrsituationen wird ein Kennwert sehr häufig verwendet, um die Kritikalität der Fahrsituation zu charakterisieren. Dieser enthält unter anderem den Abstand d zum Objekt. Geben Sie den Namen des Kennwerts, die Formel und die Einheit an. (2 P.)