

## Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 11.08.2020

**Bearbeitungszeit: 90 Minuten**

Die Prüfung besteht aus 18 Aufgaben auf 33 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)	6	7	4	15	15	15	15	15	8	7	6	5,5
Aufgabe	13	14	15	16	17	18				Summe		
Punkte												
Punkte (maximal)	6,5	18	15	10	5	13				186		

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. Aufgabe: Einführung</b>	a: / 4	b: / 2	<b>/ 6</b>
-------------------------------	--------	--------	------------

- a) Nennen Sie alle grundlegenden Funktionsprinzipien / Wirkweisen, nach denen Fahrerassistenzsysteme entsprechend der BAST kategorisiert werden. Nennen Sie dazu jeweils die Kurzkenung sowie die zugehörige Bezeichnung bzw. kurz Beschreibung. (4 P.)
- b) Nennen Sie zwei Beispielsysteme und ordnen Sie diese den Funktionsprinzipien aus Aufgabenteil a) zu. (2 P.)

<b>2. Aufgabe: Einführung</b>	a: / 6	b: / 1	<b>/ 7</b>
-------------------------------	--------	--------	------------

Im Rahmen der Vorlesung wurde die Fahraufgabe des Menschen mithilfe des Drei-Ebenen-Modells dargestellt.

- a) Nennen Sie im Folgenden die Namen der drei Ebenen. Erläutern Sie diese jeweils mithilfe des fiktiven Szenarios „Fahrt von München nach Hamburg“. (6 P.)

<b>Ebene</b>	<b>Beschreibung</b>

- b) Nennen Sie die (in Aufgabenteil a) erarbeitete) Ebene, in der Fahrerassistenzsysteme primär agieren. (1 P.)

**3. Aufgabe: Einführung****/ 4**

Vergleichen Sie die Informationsverarbeitung des Menschen bei der Fahrzeugführung mit der eines technischen Systems. Nennen Sie dazu jeweils die zwei wesentlichen Vorteile. (4 P.)

<b>Informationsverarbeitung bei der Fahrzeugführung durch..</b>	<b>Vorteile</b>
Mensch	+
	+
System	+
	+

<b>4. Aufgabe: Sensorik I</b>	a: /3	b: /3	c: /6	d: /3	<b>/ 15</b>
-------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------------

- a) In Fahrerassistenzsystemen kommen oftmals Radar-Sensoren zum Einsatz. Geben Sie die in der Vorlesung genannte Reichweite und den horizontalen Öffnungswinkel der Mid- und der Long-Range Variante an. Nennen Sie auch jeweils ein System, bei dem die jeweilige Variante Anwendung findet. (3 P.)

Variante	Reichweite	Horizontaler Öffnungswinkel	Anwendung
Mid Range			
Long Range			

- 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.)

Bewertete Eigenschaft	Kamera	Ultraschall	Long Range RADAR
Reichweite			
Messung der Objektgeschwindigkeit			
Sichtbarkeit des Sensors am Fahrzeug (je unauffälliger, desto besser)			

- c) Nennen Sie die zwei Techniken, die beim RADAR Sensor zur Bestimmung der (Relativ-) Geschwindigkeit des detektierten Objekts angewandt werden. Geben Sie deren mathematische Formeln an und benennen Sie die benötigten mathematischen Größen. (6 P.)

	Technik 1	Technik 2
Name		
Formel		
Mathematische Größen		

- d) Die Schnittstelle zwischen einem LIDAR Sensor mit einer Abtastrate von 20 Hz und einem Öffnungswinkel von 180 Grad zur Recheneinheit im Fahrzeug hat einen maximalen Datendurchsatz von 20 MiB pro Sekunde. Für einen LIDAR Punkt werden 36 Byte übertragen und die Scans haben eine horizontale Winkelauflösung von 0,25 Grad. Wie viele Ebenen darf die LIDAR Punktwolke maximal haben, um bei gegebener Schnittstelle verlustlos übertragen werden zu können? (3 P.)

**Hinweis:** 1 MiB =  $2^{20}$  Byte = 1048576 Byte

<b>5. Aufgabe: Sensorik II</b>	a: /4	b: /4	c: /2	d: /5	<b>/ 15</b>
--------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------------

- a) Nennen und erläutern Sie das Prinzip mit dem durch zwei parallele Kameras die Tiefe einer Szene geschätzt werden kann. (4 P.)

Prinzip:

Erläuterung:

- b) Beschreiben Sie kurz die Begriffe Precision und Recall im Zusammenhang mit Klassifikatoren. Geben Sie deren Formeln an. (4 P.)

	<b>Beschreibung</b>	<b>Formel</b>
Precision		
Recall		

- c) Nennen Sie eine Methode mit der sich der Rechenaufwand bei der Fahrstreifenerkennung in einem Kamerabild effektiv reduzieren lässt. Welche Annahme liegt dieser Methode zugrunde? (2 P.)

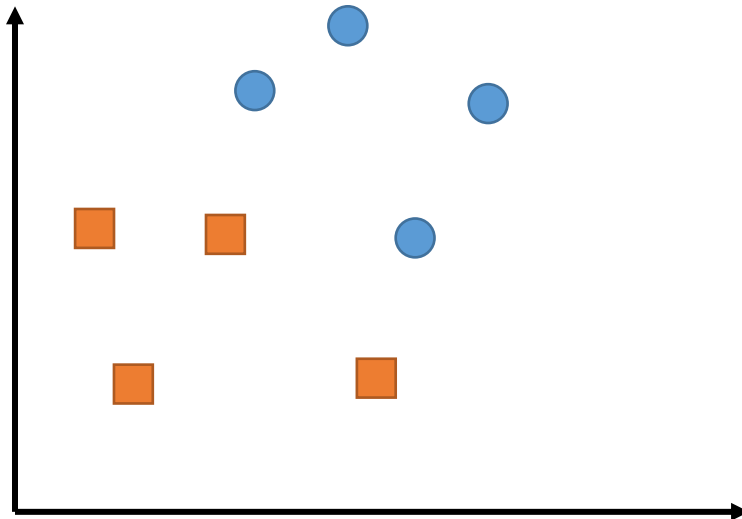
Methode:

Annahme:

- d) Erklären Sie das Prinzip einer Support Vector Machine (SVM). Skizzieren Sie unter Verwendung von zwei Support Vektoren die Trennebene in nachfolgenden, binären Klassifizierungsproblem. Markieren Sie die Support Vektoren. (5 P.)

Erklärung:

Skizze:





<b>6. Aufgabe: Sensorik III</b>	a: /6	b: /3	c: /6	<b>/ 15</b>
---------------------------------	-------	-------	-------	-------------

Ein Pkw ist mit einem GPS-Empfänger und einer IMU (Accelerometer + Gyroscope) ausgestattet. Wir möchten mit dieser Sensorik die horizontale Geschwindigkeit messen unter der Annahme des Freie-Masse-Modells.

- a) Zuerst bestimmen wir die horizontale Geschwindigkeit  $v_h$  nur mit dem GPS-Empfänger. Die Position wird in vereinfachten UTM-Koordinaten ausgegeben, das heißt wir haben die Position  $x$  und  $y$  in Metern in West-Ost ( $x$ ) und Nord-Süd ( $y$ ) Richtung.

Geben Sie den oder die Zustandsvektor/en mit entsprechender Übergangsmatrix an um die Geschwindigkeiten in Nord-Süd und West-Ost Richtung zu bestimmen und anschließend die Formel für die Bestimmung von  $v_h$  im entsprechenden Zeitschritt. (6 P.)

- b) Als Alternative zum Freie Masse Modell kann auch ein kinematisches Bewegungsmodell verwendet werden, das nur Bewegungen in Orientierungsrichtung zulässt. Nennen und erklären Sie jeweils einen wesentlichen Vorteil des einen Modells im Vergleich zum anderen. (3 P.)

- c) Nennen Sie 3 der 4 in der Vorlesung beschriebenen Fusionsebenen. Beschreiben Sie außerdem für 3 Fusionsebenen, wie ein GPS Empfänger und eine IMU fusioniert werden können. Geben Sie dafür klar an, welche Informationen fusionierte werden. (6 P.)

**7. Aufgabe: Funktionslogik Regelung**

a: /5

b: /8

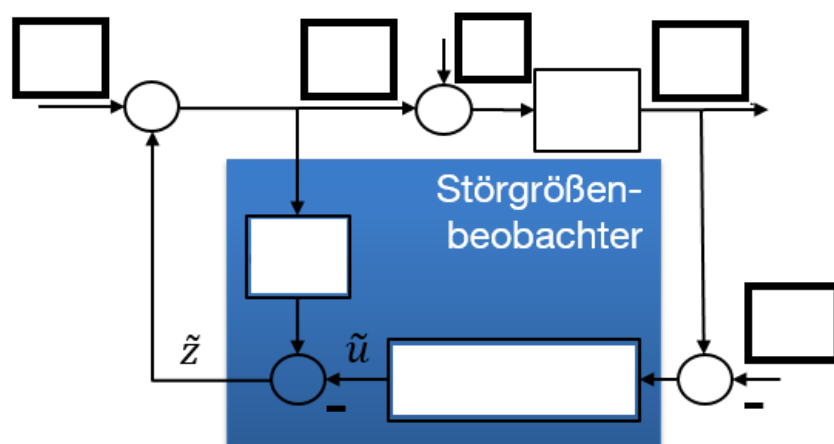
c: /2

/ 15

- a.) Bei der Implementierung einer Querführungsregelung in einem Versuchsfahrzeug stellen Sie Probleme bei auftretenden Störungen fest. Nennen Sie 2 mögliche Ursachen für Störungen. Welche Vorteile hat ein Störgrößenbeobachter gegenüber einem I-Anteil im Regler? Nennen Sie drei Vorteile. (5 P.)

<b>Ursachen für Störungen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> </ul>
<b>Vorteile Störgrößenbeobachter gegenüber I-Anteil:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> <li>•</li> <li>•</li> </ul>

- b.) Vervollständigen Sie das dargestellte Blockschaltbild eines Störgrößenbeobachters. (8 P.)



c.) Die Übertragungsfunktion vom Systemeingang  $u_r$  zum Ausgang  $y$  sei im Folgenden gegeben:

$$G_{u_r y}(s) = \frac{Y(s)}{U_r(s)} = \frac{G(s)\tilde{G}(s)}{\tilde{G}(s) + (G(s) - \tilde{G}(s))Q(s)}$$

Sie wissen, dass für das Übertragungsverhalten des verwendeten Tiefpassfilters bei niedrigen Frequenzen folgendes gilt:

$$Q(s) \approx 1$$

Welche Aussage können Sie hieraus über das Übertragungsverhalten des geschlossenen Kreises treffen? (2 P.)

<b>8. Aufgabe: Funktionale Systemarchitektur</b>	a: /3	b: /4	c: /4	d: /4	<b>/ 15</b>
--	-------	-------	-------	-------	-------------

a) In der Vorlesung wurden verschiedene Komponenten einer funktionalen Systemarchitektur für Fahrerassistenzsysteme vorgestellt. Skizzieren Sie einen Ablauf, bei dem Sie die folgenden Begriffe in eine für die Fahrerassistenzsystementwicklung sinnvolle verknüpfende Reihenfolge bringen. (3 P)

- Verhaltensgenerierung
- Situationsinterpretation
- Regelung
- Verhaltensentscheidung
- Fahrzeug mit Sensoren und Aktoren

b) Erläutern Sie die Begriffe „Situationsanalyse“ und „Verhaltensgenerierung“. (4 P)

c) Im Rahmen der Vorlesung wurden zwei Klassen der Entscheidungsverfahren vorgestellt. Nennen Sie die beiden Klassen und geben Sie jeweils ein Beispiel an. (4 P.)

d) Um den softwaregestützten Aktor-Eingriff zu ermöglichen, sind verschiedene Lenkkonzepte möglich. Der Einsatz redundanter Systeme sichert dabei den Ausfall elektrischer Komponenten ab. Nennen Sie vier mögliche Redundanzkonzepte für eine elektrisch ansteuerbare Lenkung. (4 P.)

<b>9. Aufgabe: Deep Learning</b>	a: /2	b: /2	c: /4	<b>/ 8</b>
----------------------------------	-------	-------	-------	------------

Sie haben einen dreidimensionalen Eingang,  $\mathbf{x}_i = (x_1, x_2, x_3)$  fully connected mit einem Neuron mit Aktivierungsfunktion  $f(u)$ .

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

Der Eingang ist gegeben mit  $\mathbf{x} = (2, 2, 1)$ . Die Forward-propagation kann wie folgt formuliert werden:

$$u = \left( \sum_{k=1}^3 \mathbf{w}_k \mathbf{x}_k \right) + b$$

$$y = f(u)$$

Nach dem Training sind die Werte der Gewichte  $\mathbf{w}$  und Bias  $b$ :

$$\mathbf{w} = (w_1, w_2, w_3) = (0.5, -0.2, 0)$$

$$b = 0.1$$

- b) Berechnen Sie  $u$ : (2 P.)

- c) Als nächstes probieren Sie 4 verschiedene Aktivierungsfunktionen ( $f_1, f_2, f_3, f_4$ ) aus, welche zu folgenden Ausgängen führen:  $(y_1, y_2, y_3, y_4) = (0.67, 1.0, 0.7, 0.6)$ . Welche Aktivierungsfunktionen  $f_i$  wurden verwendet, um das gezeigte Ergebnis  $y_i$  zu erzielen? Als Optionen stehen ihnen folgende Aktivierungsfunktionen zur Verfügung: Binary Funktion, ReLU, Sigmoid and TanH. (4 P.)



**10. Aufgabe: Deep Learning**

a:

/2

b:

/2

c:

/2

d:

/1

/7

Sie haben Ihr eigenes RC-Auto (1:10) gebaut und möchten an einem Wettbewerb teilnehmen, bei dem RC-Cars erfolgreich durch Tore navigieren müssen (das Bild zeigt die Tore, die beim letzten Alphapilot-Wettbewerb für autonome Drohnen verwendet wurden). Um so schnell wie möglich durch das Gebiet navigieren zu können, muss das Auto Tore genau und effizient erkennen.



- a) Sie haben einen ersten Datensatz mit 1000 handbeschrifteten RGB-Bildern erhalten. Bevor Sie Ihren CNN-Klassifikator trainieren, möchten Sie die optimale Bildauflösung ermitteln. Warum ist die Wahl der Bildauflösung wichtig und mit welchem Kompromiss müssen Sie umgehen? (2 P.)

- b) Wie würden Sie den Datensatz aufteilen? Formulieren Sie die Antwort in Prozent. (2 P.)

- c) Schließlich haben Sie sich entschieden, dass die Auflösung der Bilder **[32x32] px** sein wird. Berechnen Sie, wie viele Gewichte  $n_{gewichte}$  jedes Neuron in der resultierenden activation map (*Conv Layer*) haben wird, wenn Sie alle drei Kanäle des **RGB-Bildes** als Eingabe verwenden und Ihr Filter eine Größe von **[5x5] px** hat. (2 P.)

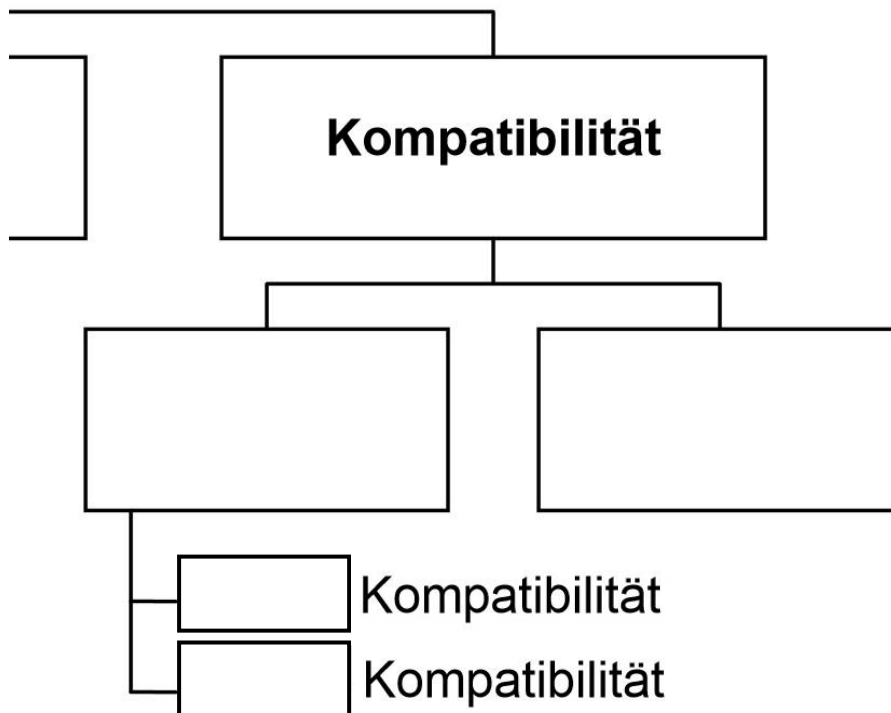
- d) Wie tief ( $D^F$ ) ist die activation map (*Conv Layer*), wenn Sie 7 verschiedene Filter verwenden? (1 P.)

<b>11. Aufgabe: Fahraufgabe und Mensch-Maschine-Schnittstelle</b>	a: /2	b: /2	c: /2	<b>/ 6</b>
---	-------	-------	-------	------------

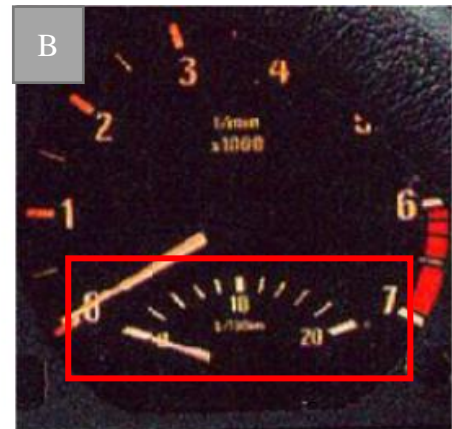
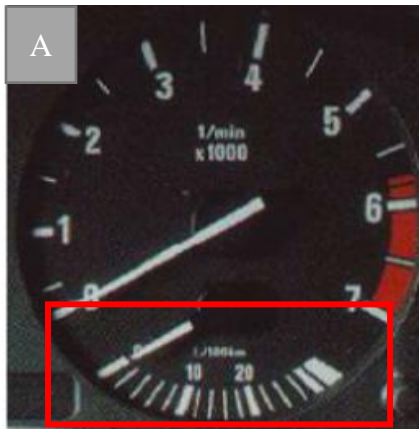
- a) Erläutern Sie den Begriff „nutzbares Sehfeld“. (2 P.)
- b) Nennen Sie die Elemente des SEEV-Modells, welche die Wahrscheinlichkeit einer Blickzuwendung bestimmen. (2 P.)
- c) Erläutern Sie die Multiple Resource Theory nach Wickens. (2 P.)

<b>12. Aufgabe: Kompatibilität</b>	a: /2	b: /3,5	<b>/ 5,5</b>
------------------------------------	-------	---------	--------------

- a) Ergänzen Sie die leeren Kästchen in der dargestellten Einteilung verschiedener Kompatibilitätsarten. (2 P.)



- b) Beurteilen Sie die dargestellten Anzeigeelemente für den momentanen Verbrauch (im roten Kasten) hinsichtlich Kompatibilitäten. Geben Sie darüber hinaus an, welche Anzeige besser geeignet ist. (3,5 P.)



<b>13. Aufgabe: Folgen durch Fahrerassistenzsysteme /Automation</b>	a:	b:	c:	d:	
	/2	/1	/2	/1,5	<b>/ 6,5</b>

- a) Von Lisanne Bainbridge wurden sogenannte „Ironies of Automation“ formuliert. Erläutern Sie, warum die Überwachung eines automatisierten Systems demnach eine letztlich unmögliche Aufgabe für den Menschen darstellt. (2 P.)
- b) Nennen Sie den Fachbegriff für die Fähigkeit, seltene Reize über einen langen Zeitraum hinweg wahrzunehmen und darauf zu reagieren. (1 P.)
- c) Erläutern Sie den Begriff Mode Awareness. (2 P.)
- d) Entscheiden Sie, ob es sich bei folgenden Punkten um die Wirkung ersetzender oder warnender Assistenz handelt (1,5 P.):
- a. Steigerung der Aufmerksamkeit
  - b. Keine Kompensation in anderen Aufgabenbereichen
  - c. Neigung zur Beschäftigung mit Nebenaufgaben

<b>14. Aufgabe: ASIL Modell und Controllability</b>	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	
	/1	/1	/2	/1	/2	/6	/5	<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:**

Die zu analysierende Adaptive Cruise Control ist ein kamera- und 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  $1,3 \text{ m/s}^2$  beschleunigen und Verzögerungen bis zu  $4 \text{ m/s}^2$  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 Querverführungsassistentz wird in dieser Aufgabe zu den ASIL-Sicherheitsanforderungen nicht angenommen.

#### **Folgende Fehlerbilder treten auf:**

1. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit  $180 \text{ km/h}$  einem anderen, mit  $90 \text{ km/h}$  vorausfahrenden Fahrzeug. Anstatt einer geregelten automatischen Verzögerung mit maximal  $4 \text{ m/s}^2$  blockieren unerwartet beide Hinterräder. Durch die Blockierbremsung der Hinterräder wird das Ego-Fahrzeug aus dem eigenen Fahrstreifen abgelenkt.
2. **Unerwartete Beschleunigung:** Das Ego-Fahrzeug fährt geregelt in einer Kolonne und beschleunigt für den Fahrer unerwartet mit  $1,3 \text{ m/s}^2$ . Ohne Eingriff des Fahrers droht innerhalb von 6 Sekunden eine Kollision.

## 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: (1 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (1 P. für beide richtigen Antworten)
1. Blockierbremsung	
2. Beschleunigung	



## 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. Blockierbremsung		
2. Beschleunigung		

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

- c) Welche gültige Norm (mit Jahr der Veröffentlichung) 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.)  
Wenn jeder der 20 Datensätze die Prüfkriterien für den Test erfüllt: Welcher Grad der Kontrollierbarkeit in [%] kann damit bei Durchschnittsfahrern (mit der Einstufung in „normale Kontrollierbarkeit“ - siehe Tabelle) nachgewiesen werden? (1 P.)
  
- d) Geben Sie zwei Faktoren für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (1 P.)
  
- e) Nennen Sie 2 Themenbereiche, die der Code of Practice zur Erstellung der Funktionsbeschreibung behandelt (2 P.)
  
- f) Nennen Sie drei Hauptthemen, die in der Checkliste A behandelt werden (je 2 P, gesamt 6 P.)

- g) Nennen Sie fünf Eigenschaften bzw. Einschränkungen, die das ADAS Design beeinflussen können? (5 P.)

<b>15. Aufgabe: Entwicklungsprozess</b>	a: / 8	b: / 4	c: / 3	<b>/ 15</b>
---	--------	--------	--------	-------------

In der Vorlesung wurde die von Maurer entwickelte Methode für den systematischen Entwurf von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt.

a) Skizzieren Sie das Vorgehensmodell mit den einzelnen Entwicklungsschritten und dem Ergebnis. (8 P.)

b) Erklären Sie kurz den generellen Ablauf des Prozesses. (4 P.)

- c) Im Rahmen der Entwicklung gilt es das entwickelte System zu validieren. Beschreiben Sie (kurz) drei Ansätze zur Validierung. (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 75 m, gemessen von der Fahrzeugfront, zur möglichen Lage eines Objektes.

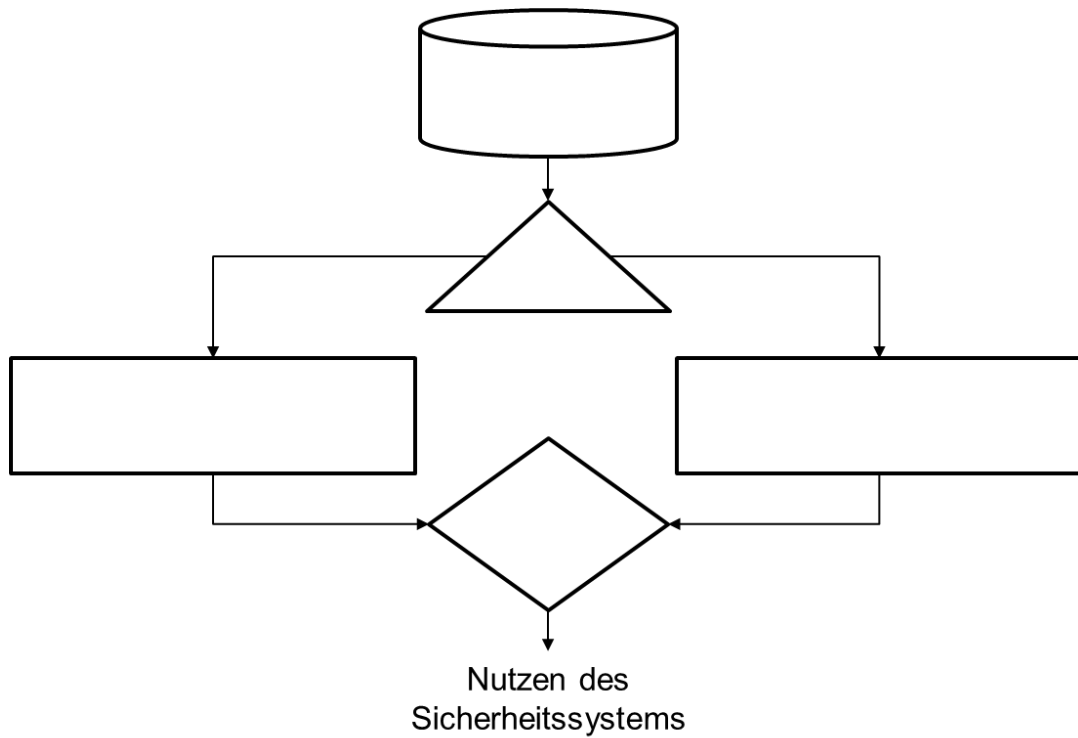
Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ beträgt 155 km/h und die des Fahrzeugs „Stau“ am Stauende 0 km/h. Die Gesamtmasse des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ ist 1650 kg und des Fahrzeugs „Stau“ 1300 kg. Bei allen Kollisionen handelt es sich um gerade zentrische Stöße zweier Scheiben, Sekundärkollisionen werden nicht betrachtet. Der k-Faktor ist konstant 0,1. Die eindimensionale Verletzungsrisikofunktion abhängig von der Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v$  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  $a_x = -7,3 \text{ m/s}^2$ . 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	1400 kg
Geschwindigkeit Fahrzeug Notbremsassistent	135 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Notbremsassistent	1600 kg
Max. Verzögerung Fahrzeug Notbremsassistent	-7,3 m/s <sup>2</sup>
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 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“ **leicht** verletzt.



Folgende Abbildung soll die retrospektive Feldbewertung beschreiben. Vervollständigen Sie diese. (5 P.)





<b>18. Aufgabe: Aktuelle Systeme</b>	a: / 6	b: / 3	c: / 4	<b>/ 13</b>
--------------------------------------	--------	--------	--------	-------------

a) Ergänzen Sie die Bezeichnung der Automationsstufen gemäß SAE in der angegebenen Tabelle. Die deutsche Bezeichnung gemäß BAST gibt keine Punkte. (6 P.)

b) Geben Sie für jedes Level die Rückfallebene an. (3 P.)

SAE Level	0	1	2	3	4	5
Bezeichnung gemäß SAE						
Rückfallebene						

c) Sie sind Entwicklungsingenieur eines FAS Systems, welches dem Fahrer beim Erreichen von Systemgrenzen 8 Sekunden Übernahmezeit einräumt. Wie viel Meter vor dem Erreichen der Systemgrenze muss das System den Fahrer zur Übernahme auffordern um eine Kollision zu vermeiden? Nehmen Sie eine Fahrzeuggeschwindigkeit von 135 km/h, eine Reaktionszeit von 1 Sekunde und einen Notbremsweg von 80m an. (4 P.)