

## Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 27.02.2018

**Bearbeitungszeit: 90 Minuten**

Die Prüfung besteht aus 16 Aufgaben auf 25 Blättern

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

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

Name	Vorname	Matrikelnummer

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Punkte												
Punkte (maximal)	9	18	18	17	18	17	4	7	7	18	14	6
Aufgabe	13	14	15	16						Summe		
Punkte												
Punkte (maximal)	6	11	9	8						187		

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

Studiengang: \_\_\_\_\_

Garching, den .....

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift)

Die Definition der Automatisierungsgrade nach der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) sieht für die Bahnführungsebene drei Funktionsprinzipien vor. Nennen Sie diese und beschreiben Sie jedes Funktionsprinzip kurz anhand von zwei charakteristischen Merkmalen. (9 P.)

<b>Funktionsprinzip A:</b>	<b>Funktionsprinzip B:</b>	<b>Funktionsprinzip C:</b>
<hr/>	<hr/>	<hr/>
▪	▪	▪
▪	▪	▪

**2. Aufgabe: Sensorik I**

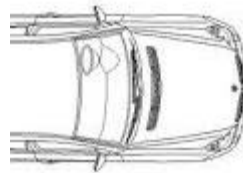
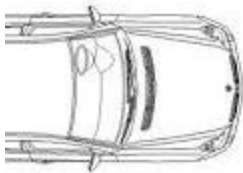
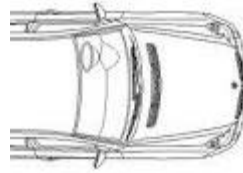
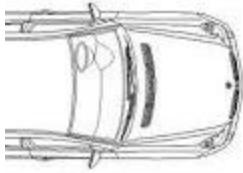
a: / 8

b: / 6

c: / 4

**/ 18**

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



- b) Radar-Sensoren existieren in einer Short und einer Long Range Version. Geben Sie jeweils die ungefähre Reichweite und den horizontalen Öffnungswinkel an. Nennen Sie zudem jeweils ein Fahrerassistenzsystem, bei dem die jeweilige Version des Sensors Einsatz findet. (jeweils 1 P.)

- c) Erläutern Sie die Entfernungsmessung mittels Time of Flight und geben Sie die Formel zur Berechnung des Abstands an. (4 P.)

<b>3. Aufgabe: Sensorik II</b>	a: / 7	b: / 4	c: / 7	<b>/ 18</b>
--------------------------------	--------	--------	--------	-------------

a) Erläutern Sie den Begriff der Stereoskopie (3 P.) und nennen Sie jeweils zwei Vor- und Nachteile dieses Verfahrens. (4 P.)

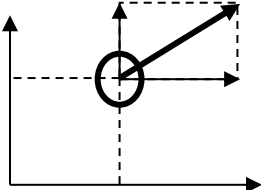
b) Erklären Sie, was man unter einem nichtselektiven Sensor versteht (2 P.) und was dabei im Hinblick auf die Datenmenge als kritisch zu bewerten ist. (2 P.)

c) Zur Klassifikation von Bildinformationen werden sogenannte Bayes-Filter eingesetzt. Erläutern Sie das Grundprinzip der Funktionsweise (3 P.) und geben Sie zwei Voraussetzungen an, die für die Anwendung benötigt werden. (2 P.) Nennen Sie zusätzlich zwei weitere Verfahren, die alternativ zur Klassifikation von Bildern verwendet werden können. (2 P.)

<b>4. Aufgabe: Tracking</b>	a: / 5	b: / 6	c: / 4	d: / 2	<b>/ 17</b>
-----------------------------	--------	--------	--------	--------	-------------

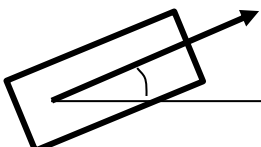
Tracking von anderen Fahrzeugen:

- a) Ergänzen Sie das Zustandsraummodell durch Ausfüllen der Übergangsmatrix für das skizzierte Freie Masse Modell. Das Modell hat die Positionen und Geschwindigkeiten in x und y Richtung als Zustände. Die Bewegungen in den beiden Raumrichtungen sollen voneinander unabhängig sein und die Geschwindigkeiten als konstant angenommen werden. Der diskrete Zeitschritt wird mit  $\Delta T$  bezeichnet. (5 P.)



$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \\ \quad \\ \quad \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix}_{k-1}$$

- b) Ein Kollege von Ihnen schlägt nun als Alternative ein kinematisches Bewegungsmodell vor, das Bewegung nur in Orientierungsrichtung zulässt:



$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ \psi \\ v \end{bmatrix}_k = \mathbf{x}_{k-1} + \begin{bmatrix} \cos(\psi)v\Delta T + \frac{1}{2}\cos(\psi)a\Delta T^2 \\ \sin(\psi)v\Delta T + \frac{1}{2}\sin(\psi)a\Delta T^2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Nennen und erklären Sie jeweils einen wesentlichen Vorteil des einen Modells im Vergleich zum anderen. (6 P.)

c) Angenommen Sie verwenden das kinematische Bewegungsmodell für das absolute Tracken von Fahrzeugen mittels Kalman Filter. Nennen Sie die zwei relevantesten Modellierungsungenauigkeiten des verwendeten Modells. (4 P.)

d) Erklären Sie kurz, wie solche Modellierungsungenauigkeiten im Kalmanfilter berücksichtigt werden. (2 P.)

<b>5. Aufgabe: Funktionslogik Regelung</b>	a: /3	b: /4	c: /3	d: /8	<b>/18</b>
--	-------	-------	-------	-------	------------

Für die Fahrzeugquerführung wird ein Lane Keeping Assist mit einer Trajektorienplanung eingesetzt.

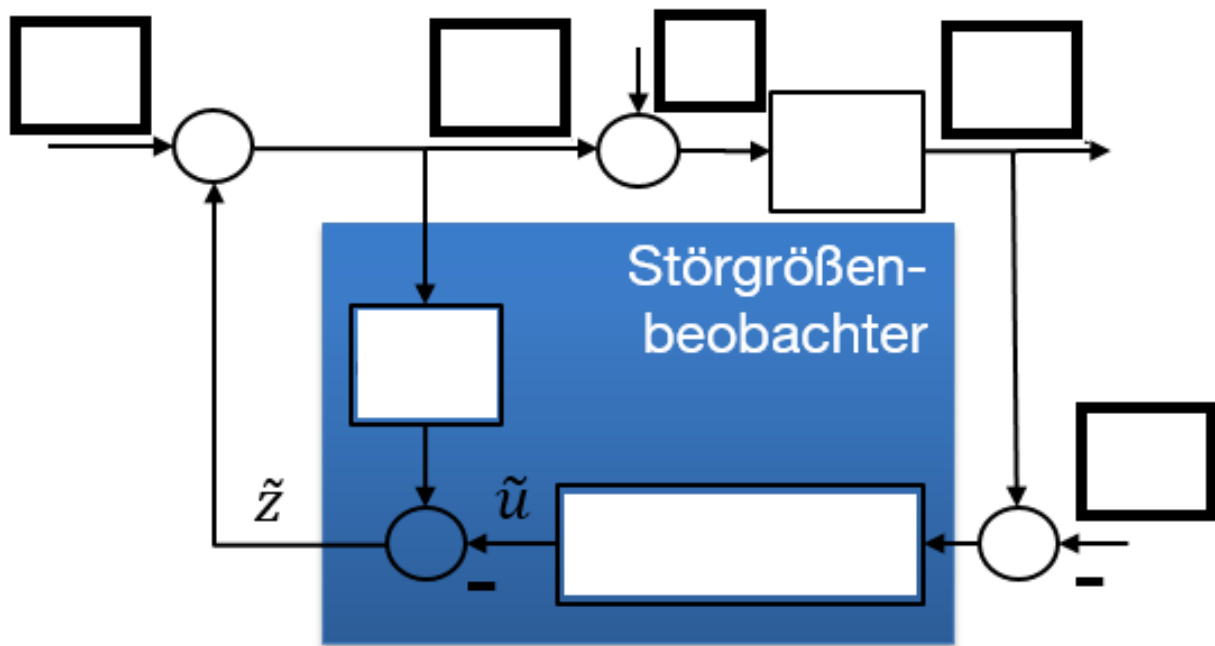
- a.) Geben Sie drei wesentliche Bedingungen an, welche die Trajektorie erfüllen muss, um das Fahrzeug geeignet führen zu können. (3 P.)

Zur Sicherstellung der stationären Genauigkeit einer Querführungsregelung soll ein Störgrößenbeobachter zum Einsatz kommen.

- b.) Nennen Sie zwei Störungsursachen, die auftreten können und erläutern Sie kurz wozu diese führen. (4 P.)

- c.) Nennen Sie drei Vorteile eines Störgrößenbeobachters im Vergleich zu einem Integralanteil im Regler. (3 P.)

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





**6. Aufgabe: Funktionale Systemarchitektur**

a: /5

b: /12

**/ 17**

- a.) Die Situationserfassung und -interpretation ist eine wesentliche Komponente innerhalb der funktionalen Systemarchitektur eines Fahrerassistenzsystems. Nennen Sie 5 relevante Situationsaspekte, die bei der Entwicklung eines Stauassistenten berücksichtigt werden müssen. (5 P.)

---

---

---

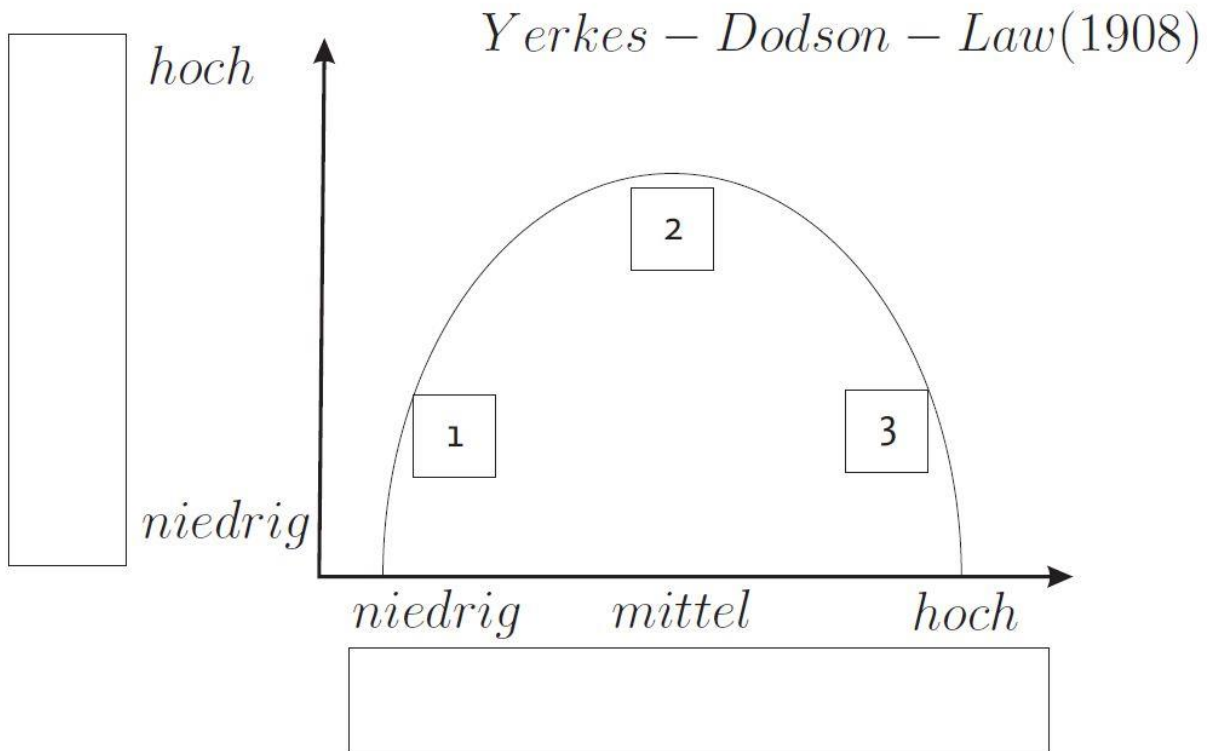
---

---

- b.) Um zu einem Ergebnis bei der Situationsinterpretation zu gelangen werden verschiedene Schritte innerhalb einer Situationsanalyse durchlaufen. Bitte erläutern Sie die unten dargestellten Schritte am Beispiel des Stauassistenten. (12 P.)



Beschriften Sie die Achsen (Kästen) im Diagramm und beschreiben Sie für jeden Fahrerzustand (1, 2, 3) eine Situation. (4 P.)



## 8. Kompatibilität

a: / 5

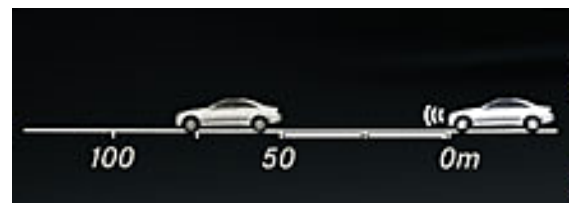
b: / 2

/ 7

- a.) Die Längsführung kann bei einem Autobahnassistenten entweder durch eine Trajektorienplanung oder mit Hilfe eines Abstandregeltempomaten (ACC) realisiert werden. Bewerten Sie die 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.

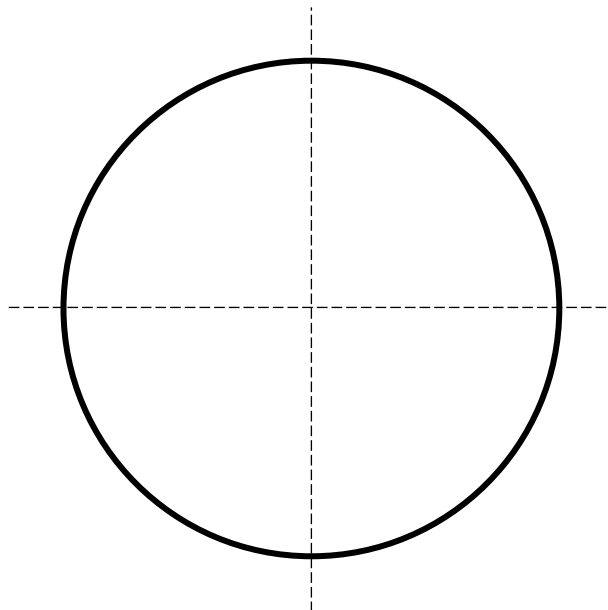
Die ausgewählte Zeitlücke wird im Kombidisplay dargestellt und kann durch eine Wippe am Lenkrad verringert oder vergrößert werden. (5 P.)



Zeitlücke verringern

Zeitlücke vergrößern

- b.) Zeichnen Sie in der unten dargestellten Drehzahlanzeige den optimalen Anzeigebereich und die korrekte Drehrichtung für eine Zunahme der Drehzahl ein. (2 P.)



<b>9. Aufgabe: Auswirkungen von Automation</b>	a: /4	b: /3	<b>/7</b>
--	-------	-------	-----------

a) Nennen Sie jeweils genau eine positive und eine negative Auswirkung von ersetzender Assistenz und warnender Assistenz auf den Fahrer. (4 P.)

b) Erläutern Sie den Begriff Vigilanz und nennen Sie eine Möglichkeit zur Messung der Vigilanz. (3 P.)

<b>10. ASIL Modell und Controllability</b>	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	
	/3	/4,5	/1,5	/4,5	/2,5	/1	/1	<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 Übernahmeaufforderung:** Während des Betriebs des Autobahnassistenten 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. Der sonstige Betrieb des Autobahnassistenten ist nicht eingeschränkt.
- 2. 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.
- 3. Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit  $130 \text{ km/h}$  einem anderen, mit  $80 \text{ km/h}$  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.

### Werte zur Auftretenswahrscheinlichkeit:

Folgende Werte gelten für die Auftretenswahrscheinlichkeiten:

- Im Durchschnitt wird der Autobahnassistent nur in 15% der Betriebszeit des Fahrzeugs aktiviert.
- 60% dieser Aktivierungszeit befindet sich das Fahrzeug in oben beschriebenen Folgefahrten.

## 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: (3 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (je 1 P.)
1. Übernahme-Aufforderung	
2. Verzögerung	
3. Blockierbremsung	

### Beherrschbarkeit bei Fehler (Controllability)

Class	C0	C1	C2	C3
<b>Description (informative)</b>	Controllable in general	Simply controllable	Normally controllable	Difficult to control or uncontrollable
<b>Definition</b>	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: (4,5 P.)

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



Weitere Fragen zum ASIL-Modell und zur Controllability:

- c.) Auf welchen maximalen Wert ist die Hardware Ausfall-Fehlerrate in der ISO 26262 für ASIL-D begrenzt? (1 P. richtiger Wert, 0,5 P. Einheit)
  
- d.) Geben Sie die Formel für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (3 P. für abhängige Variablen 1,5 P. für korrekte Formel)
  
- e.) Geben Sie die Formel für die Auftretensfrequenz des Gefahrenereignisses mit den Faktoren der Ausfallrate des Systems und der Auftretenswahrscheinlichkeit der Fahrsituation an: (2 P. Faktoren, 0,5 P. für korrekte Formel)
  
- f.) Welche Anzahl an gültigen Datensätzen für die Controllability fordert die ISO 26262 mit Verweis auf den ADAS Code of Practice? (1 P.)
  
- g.) Welcher Nachweis kann nach der erfolgreichen Anwendung des Code of Practice für ADAS – als Bestätigung, dass das ADAS verwendungssicher ist – ausgefüllt werden? (Anhang B.1.2, S. A47) (1 P.)

**11. Aufgabe: Entwicklungsprozess**

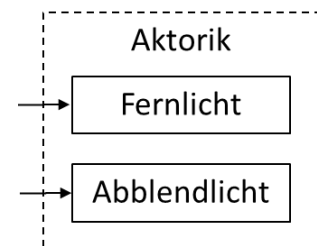
a: /12

b: /2

**/ 14**

Sie arbeiten an der Konzeptentwicklung für einen Lichtassistenten. Die Funktion soll abhängig von der aktuellen Verkehrssituation und der Helligkeit das Fernlicht und das Abblendlicht (normales Fahrlicht) jeweils an und ausschalten können. Für die Wahrnehmung der aktuellen Situation soll ein Lichtsensor (nach vorne gerichtet, erkennt auch die Helligkeit von entgegenkommenden Scheinwerfern sowie Rücklichtern) verwendet werden. Die Funktion soll nur aktiv sein, wenn sich der Lichtwählhebel in der Stellung „Auto“ befindet.

- a) Skizzieren Sie eine funktionale Systemarchitektur, in der die relevanten funktionalen Bestandteile aus den Bereichen Sensorik/Wahrnehmung, Funktion, HMI und Aktorik dargestellt sind. Bezeichnen Sie sowohl die funktionalen Bestandteile als auch die logischen Informationsflüsse. Ergänzen Sie dafür folgende Skizze. (12 P.)



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

Nennen und erklären Sie kurz zwei anerkannte Risikoreferenzmodelle. (6 P.)

<b>13. Aufgabe: Analyse und Bewertung FAS</b>	<b>/ 6</b>
---	------------

In der Unfallforschung gibt es verschiedene Arten- und Typen-Bezeichnungen innerhalb welcher Unfälle genauer klassifiziert werden. Dies ermöglicht bspw. ein gezieltes Durchsuchen von Datenbanken.

Nennen Sie vier verschiedene Arten- oder Typen-Bezeichnungen, mit einer kurzen Erklärung des Bezuges und einem Beispiel. (jeweils 1,5 P.)

**14. Aufgabe: Analyse und Bewertung FAS**

a: / 5

b: / 3

c: / 3

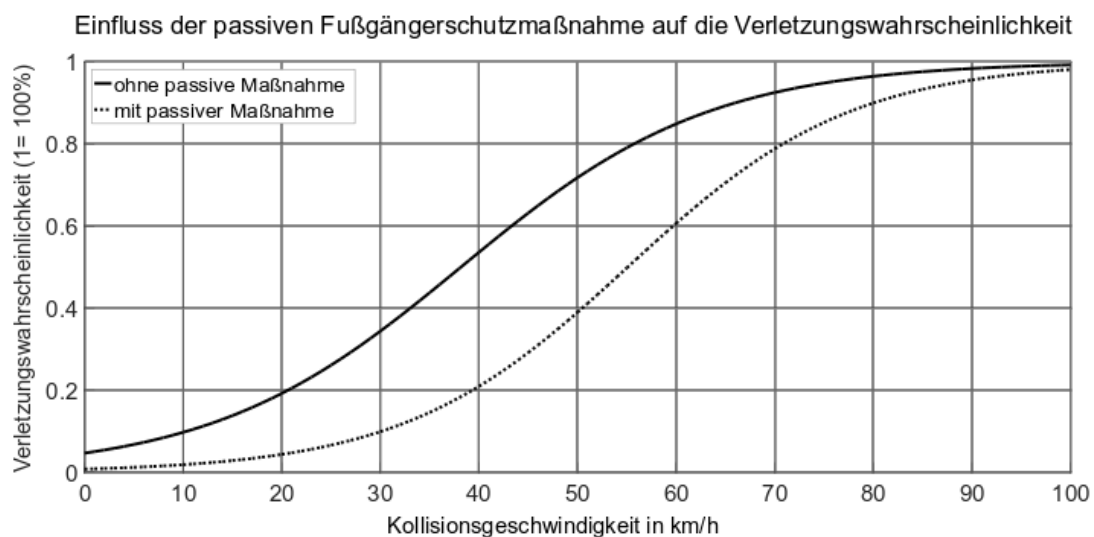
**/ 11**

Als Entwickler möchten Sie den Nutzen eines Notbremsassistenten für Fußgänger bewerten, welcher Unfälle bis zu einer Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h verhindert. Als ein kritisches Szenario betrachten Sie nun das Erfassen eines sich in entgegengesetzter Richtung bewegenden Fußgängers.

Angabe	
Geschwindigkeit Fahrzeug	40 km/h
Geschwindigkeit Fußgänger	5 km/h
Maximale Ausgangsgeschwindigkeit Notbremssystem für Unfallvermeidung	50 km/h

Verletzungsrisikofunktionen (MAIS3+) abhängig von der Kollisionsgeschwindigkeit PKW zu Fußgänger in km/h	
Ohne passive Maßnahme	$\beta_0 = -3,016$ und $\beta_1 = 0,079$
Mit passive Maßnahme	$\beta_0 = -4,848$ und $\beta_1 = 0,088$

**Hinweis für die gesamte Aufgabe:** Eine vermiedene Kollision ist als eine Verletzungswahrscheinlichkeit von 0 zu betrachten.



- a) Berechnen Sie für dieses Szenario, um wie viel Prozent (absolut) die Verletzungswahrscheinlichkeit durch den Notbremsassistenten sinkt, im Vergleich zum selben Szenario ohne Notbremsassistenten und **OHNE** passive Fußgängerschutzmaßnahmen. (5 P)

b) Berechnen Sie analog, um wie viel Prozent (absolut) die Verletzungswahrscheinlichkeit durch den Notbremsassistenten sinkt, im Vergleich zum selben Szenario ohne Notbremsassistenten und **MIT** passiven Fußgängerschutzmaßnahmen. (3 P)

c) Bestimmen Sie den Nutzen der passiven Fußgängerschutzmaßnahmen für ein Fahrzeug ohne Notbremsassistenten und den Nutzen des Notbremsassistenten für ein Fahrzeug mit passiven Fußgängerschutzmaßnahmen sowie das Verhältnis zwischen den beiden Nutzen. (3 P)

<b>15. Aufgabe: Aktuelle Systeme</b>	a: / 4	b: / 5	<b>/ 9</b>
--------------------------------------	--------	--------	------------

- a) Mit Hilfe von Advanced Frontlighting Systemen kann der verwendete Lichtkegel optimal auf die aktuelle Fahrsituation angepasst werden. Nennen Sie vier Sensordaten, die für die Umsetzung dieses Systems verwendet werden. (4 P.)
- b) Beim Stauassistent wird sowohl die Quer- als auch Längsführung bei niedrigen Geschwindigkeiten vom System übernommen. Beim Erreichen einer Systemgrenze (z. B. höhere Geschwindigkeiten) muss der Fahrer unverzüglich eingreifen. Geben Sie den Automatisierungsgrad dieses Systems nach BASt mit Angabe der Stufe und des Namens an (je 1 P.) und begründen Sie Ihre Wahl. (1 P.) Nennen Sie zudem zwei Objekttypen, die das System zur Orientierung in dieser Fahrsituation verwendet. (2 P.)

**16. Aufgabe: Neuronale Netze**

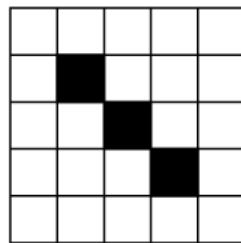
a: / 1,5

b: / 2,5

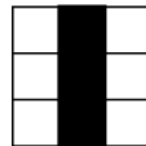
c: / 4

**/8**

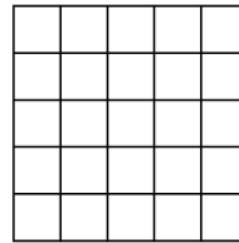
- a) Gegeben ist ein 5x5 Convolution Layer mit einem 3x3 Filter, ohne Relu-Aktivierungsfunktion. Zeichnen Sie den Ausgangslayer in die dafür vorgegebene Vorlage ein. (1,5 P.)



Eingangslayer

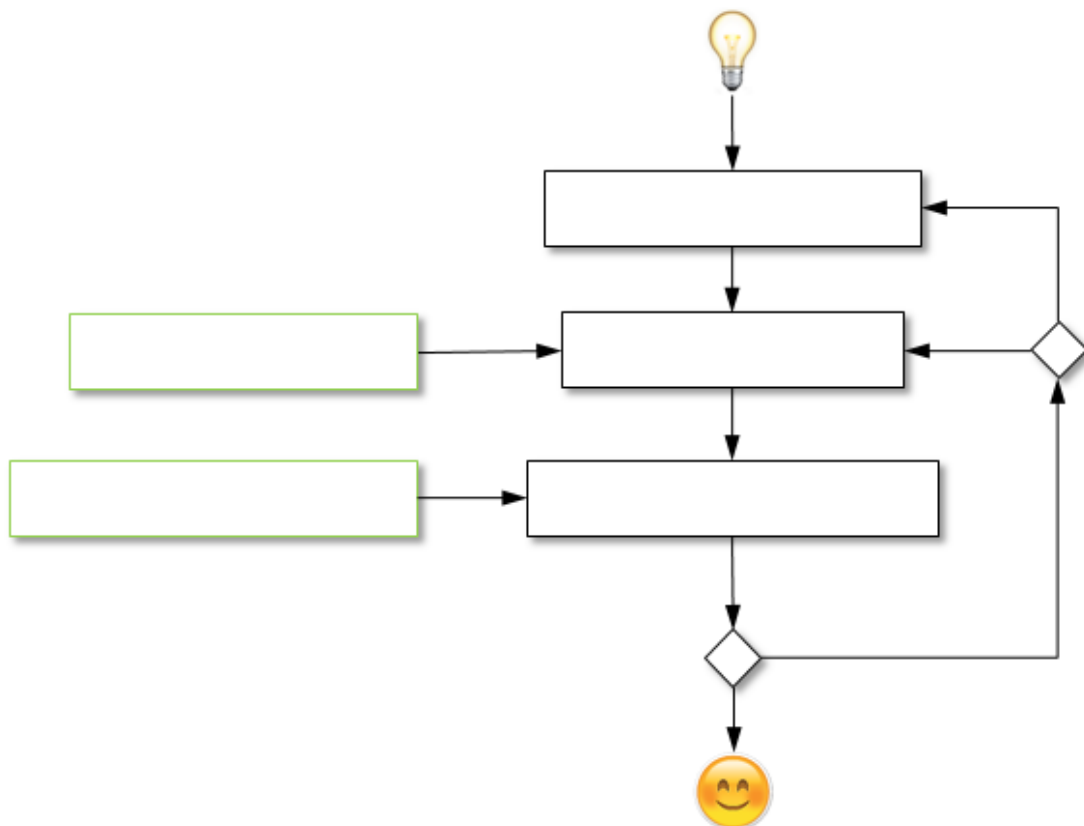


Filter



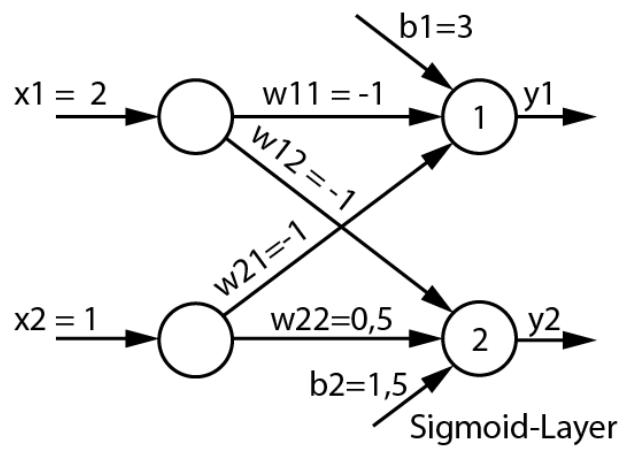
Ausgangslayer

- b) Tragen Sie die Schritte zur Erstellung eines neuronalen Netzes in die dafür vorgesehenen Kästchen ein. (jeweils 0,5 P.)





- c) Gegeben sei folgendes neuronales Netz. Berechnen Sie den Ausgang des neuronalen Netzes und die Aktivierung der einzelnen Neuronen. Die Aktivierung bezeichnet den Eingangswert am Neuron. (jeweils 1 P.)



Aktivierung Neuron 1:

Ausgang Neuron 1:

Aktivierung Neuron 2:

Ausgang Neuron 2:
