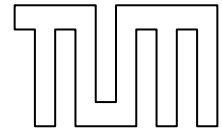


# Lösungsvorschlag



Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik  
Technische Universität München  
Prof. Dr.-Ing. M. Lienkamp



## 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. Aufgabe: 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>		

Lösungsvorschlag:

	<b>Fahrzeugassistenz</b>	<b>Fahrerassistenz</b>
<b>Motivation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stabilisierung</li> <li>- Vorhersehbarkeit</li> <li>- Verbesserung Fahrempfinden</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fahrspaß</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fahrsicherheit</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fahrkomfort</p> </div> </div> <p>→ Stichpunkte und Blöcke zählen können gewertet werden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lenkung</li> <li>- Fahrpedal</li> <li>- Bremspedal</li> <li>- Entlastung des Fahrers (Warnung, Eingreifen)</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Sicherheit</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Komfort</p> </div> </div> <p>→ Blöcke werden gewertet (nicht die oberen 3 Stichpunkte)</p>
<b>Beispiel-system</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ESP</li> <li>▪ ABS</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lane Assist</li> <li>▪ ACC</li> <li>▪ ...</li> </ul>

- 1 P je Stichpunkt in Zeile Motivation (max. 2 P pro Zelle)
- 1 P je Beispiel (max. 1 P pro Zelle)

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.)

Lösungsvorschlag:

Primär geht es hier um die Kenntnis der Untergruppen der Funktionsprinzipien und deren korrekter Zuordnung zu passenden Beispielen. Demensprechend ist ein weiterer Lösungsraum zulässig.

Funktionsprinzip B (mehrere Möglichkeiten):

- **Assistiert:** Macht wenig Sinn, da nur Längs- oder Querführung übernommen wird → Auffahrunfälle und/oder Abkommen von der Fahrbahn nicht verhindert
- **Teilautomatisiert:** System übernimmt Quer- und Längsführung, jedoch Überwachung notwendig (könnte durch Sekundenschlaf unterlassen werden)
- **Hochautomatisiert:** System übernimmt Quer- und Längsführung, keine Überwachung notwendig → Fahrer kann auch Schlafen und ist nur in speziellen Fällen als Rückfallebene angedacht (wird von System zur Übernahme aufgefordert)
- **Vollautomatisiert:** s.o. + keine Übernahmeaufforderung

Funktionsprinzip C (mehrere Möglichkeiten):

- **Abstrakte Gefahr** oder **Konkrete Gefahr** (beides Möglich, jedoch mit Begründung)
- **Level  $\alpha$ :** Macht wenig Sinn, da primär Fahrerunterstützung / Verstärkung (ggf. mit stringenter Begründung mgl.)
- **Level  $\beta$  /  $\gamma$ :** Abwenden kritischer Situation ohne Fahrereingriff, oder einleiten risikominimaler Zustand, wenn Fahrer nicht mehr verfügbar

Hinweis: Eine Müdigkeitserkennung ist hier nicht gesucht und ist des Weiteren nicht in den Funktionsprinzipien B oder C zu finden.

- Bis zu 4 P je Funktionsprinzip
  - 1 P / 2P sobald eine korrekte Untergruppenbezeichnung genannt wird
    - Funktionsprinzip B („Assistiert“, ...)
    - Funktionsprinzip C („Abstrakte“ / „Konkrete Gefahr“) ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  hier nicht notwendig)
  - 1 P sofern Beispiel/Beschreibung passend zu genannter Untergruppe / Bezeichnung (Funktionsprinzip C: korrekte Zuordnung ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  hier notwendig))
  - 2 P sofern gewähltes System für Szenario geeignet ist (und verständlich /passend erläutert wurde)

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.)

Lösungsvorschlag:

Funktionsprinzip C, da Funktionsprinzip B mindestens Stufe 3 benötigt um die gewünschten Aufgaben zu erfüllen. Automatisierungsgrad 3 nach heutigem Stand nicht serienreif. Hingegen diverse Systeme nach Funktionsprinzip C möglich und auf dem Markt.

**2. Aufgabe: Sensorik I**

a: /6

b: /6

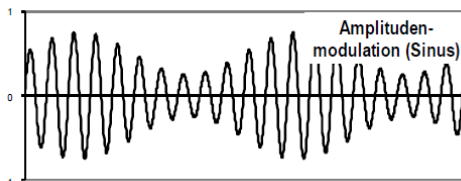
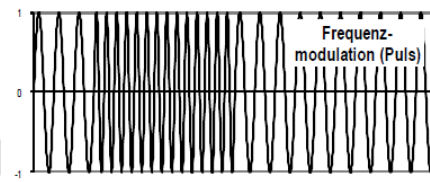
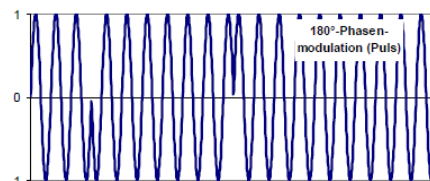
c: /4

**/16**

- 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
Amplitudenmodulation $A_t$	<p>Lösung:</p> 
Frequenzmodulation $f_0$	<p>Lösung:</p> 
Phasenmodulation $\phi_0$	<p>Lösung:</p> 

- 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**

Es kann sowohl der Abstand als auch die Relativgeschwindigkeit zu einem Objekt direkt gemessen werden. Bei anderen Prinzipien wird häufig nur der Abstand ermittelt und die Differenzgeschwindigkeit durch Ableitung des Abstands ermittelt, was zu höheren Abweichungen führt.

**Anzahl der Steigungen für ein Zielobjekt mit Erklärung**

Bei der Messung mit einer Rampe der Steigung  $m$  ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen Abstand und Relativgeschwindigkeit. Deshalb müssen zur direkten Bestimmung beider Messgrößen zwei unterschiedliche Steigungen verwendet werden.

**Anzahl der Steigungen für zwei Zielobjekte mit Erklärung**

Bei der Detektion von mehreren Objekten ist bei der Verwendung von zwei Rampen keine eindeutige Zuordnung mehr möglich. In diesem Fall müssen vier unterschiedliche Rampen verwendet werden.

- 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.)

$$t = 8 \text{ s}$$
$$v = 130 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1}{3600} \frac{\text{h}}{\text{s}} * 1000 \frac{\text{m}}{\text{km}} = 36,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$x = v * t = 36,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 8 \text{ s} = 288,9 \text{ m}$$

Aufgrund der hohen Reichweite sind Radarsensoren essentiell.

<b>3. Aufgabe: 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: Vorverarbeitung	<p>Beschreibung: Die Sensor-Rohdaten müssen vor der Weiterverarbeitung aufbereitet werden, um Störeinflüsse wie Rauschen zu vermindern / beseitigen. Zusätzlich kann auch die Datenmenge durch eine Selektierung verringert werden.</p> <p>Verfahren: Verringerung der Ortsauflösung, ...</p>
Schritt 2: Segmentierung	<p>Beschreibung: Bei der Bildsegmentierung wird jeder einzelne Bildpunkt darauf überprüft, ob er einem uns interessierenden Bildobjekt angehört.</p> <p>Verfahren: Schwellwertverfahren, ...</p>
Schritt 3: Merkmalsextraktion	<p>Beschreibung: Auffinden von signifikanten Strukturen innerhalb eines Bildes.</p> <p>Verfahren: Canny-Kantendetektor</p>
Schritt 4: Klassifikation	<p>Beschreibung: Auf Basis der Segmentierung und Merkmalsextraktion können einzelne Merkmale zu einem Objekt zusammengefasst werden und dieses einer Objektklasse zugeordnet werden.</p> <p>Verfahren: SVM</p>
Schritt 5: Tracking	<p>Beschreibung: Bestimmung der Relativposition und Relativgeschwindigkeit eines Objekts</p> <p>Verfahren: Kalman Filter</p>

- 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: Glättung	Beschreibung: Verminderung des Bildrauschens nötig, weil bei starkem Rauschen hohe Sprünge in der Helligkeit benachbarter Pixel auftreten, die bei der Kantendetektion fälschlicherweise als Kante detektiert werden können.
Schritt 2: Faltung mit Sobel-Operator	Beschreibung: Faltung mit dem Sobel-Operator. Dies wird sowohl für die x- als auch für die y-Richtung durchgeführt und das Ergebnis euklidisch addiert. Abschließend muss ein Schwellwert definiert werden, ab dem eine Kante als Kante gewertet wird.

- 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	3x3
Sobel-Operator in x-Richtung: Qualitative Position der von 0 verschiedenen Einträgen	$G_x = \begin{pmatrix} \begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix} \end{pmatrix}$
Sobel-Operator in y-Richtung: Qualitative Position der von 0 verschiedenen Einträgen	$G_y = \begin{pmatrix} \begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix} \end{pmatrix}$
Berechnung des Gesamtbetrags	Euklidisch: $G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$
Unterschied zum Laplace-Operator	Laplace-Operator beruht auf zweiter Ableitung



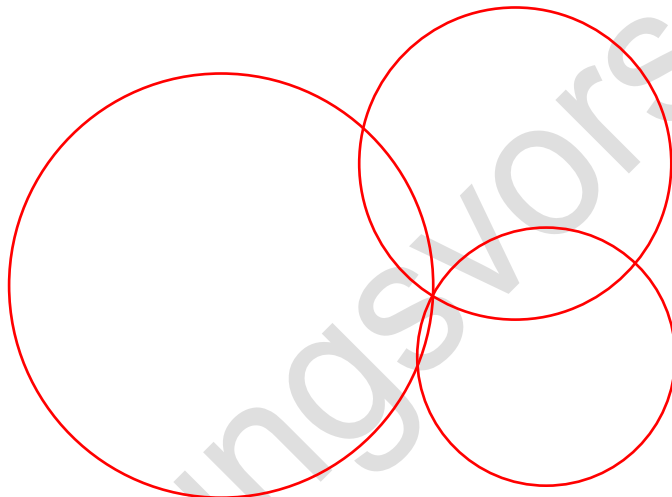
<b>4. Aufgabe: Sensorik III</b>	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	<b>/15</b>
	/2	/2	/2	/1	/2	/3	/3	

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

### Simultaneous Localisation and Mapping

Das Erstellen einer Umgebungskarte während gleichzeitig die Position des Agenten (Fahrzeug/Roboter) in der Karte bestimmt wird.

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



Ein GPS Empfänger bestimmt durch die Signallaufzeit den Abstand zum Satelliten (1 P.). Durch den Abstand vom bekannten Punkt (Satellit) lässt sich die Position auf Sphären einschränken. (Hier vereinfacht Kreise). Bei genügend Satelliten ergibt sich ein eindeutiger Schnittpunkt, der der gesuchten Position entspricht. (1 P.)

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

Vier Satelliten werden benötigt, da es bei der Berechnung der Position vier Unbekannte gibt: Drei für die Position im Raum und eine Weitere für die Abweichung der Empfänger-Uhr.

- 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.)

Ja ein Tracking macht auch bei einer statischen Messung Sinn.

Vorteil: Verbesserte Genauigkeit (0,5 P.)

Begründung: Da bei GPS angenommen wird, dass die Abweichungen normalverteilt sind, kann ein Tracking den aktuellen Mittelwert der Punktmenge bestimmen und somit die Genauigkeit steigern.

- 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.)

Ja ein Tracking macht Sinn.

Vorteil 1: Erhöhte Genauigkeit

Vorteil 2: Zusatzinformation wie Geschwindigkeit

Vorteil 3: Überbrückung von kurzen Sensor Ausfällen

Begründung im Skript

Bei nur 2 Vorteilen 1 P und bei 1 Vorteil 0,5 P

- f) Nennen Sie zwei in der Vorlesung besprochene Tracking-Methoden. Beschreiben Sie **kurz** die Grundschritte von einer der Methoden. (3 P.)

Partikelfilter und Kalman Filter (1 P.)

Kalman Filter Beschreibung: (2 P.)

- Prädiktion: Anhand des Bewegungsmodells wird prädiziert wo sich das Fahrzeug zum Zeitpunkt der nächsten Messung befinden wird.
- Assoziation: Die prädizierte Position wird mit der tatsächlichen Messung verglichen.
- Innovation: Je nach Vertrauen in die Messung wird die prädizierte Position angepasst.

- 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.)

Die Rohdaten des GPS Empfängers sind die Distanzen zu den Satelliten. (1 P).  
Die Rohdaten der IMU sind Beschleunigungen und Drehraten. Eine enge Fusion auf Signalebene könnte so aussehen, dass die Beschleunigungsdaten genutzt werden, um die Distanz zu jedem einzelnen Satelliten genauer abzuschätzen. (2 P.)

<b>5. Aufgabe: 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:

- 
-

## Lösung:

### Einführung

#### Fahrstrategische Anforderungen

- Manövrieren durch komplexe Verkehrssituationen
- Vermeidung kritischer Situationen
- Umgang mit wechselnden Umfeldinformationen
- Einhaltung der Verkehrsregeln
- Störungsfreier Verkehrsfluss

5 Funktionslogik und Regelung → 5.1 Einführung, Methoden und Anforderungen

5- 11

### Einführung

#### Nicht-technische Anforderungen

- Geringer Applikations- und Absicherungsaufwand
- Geringer Ressourcenaufwand (Rechenzeit, Speicherbedarf)
- Vorwärtskompatibilität / Zukunftsfähigkeit
- Skalierbarkeit
- Analysefähigkeit (Komplexitätshandhabung)
- Sichere Implementierung

5 Funktionslogik und Regelung → 5.1 Einführung, Methoden und Anforderungen

5- 13

### Einführung

#### Technische Anforderungen

- Führung des Fahrzeugs in einem Korridor
- Erfüllung kundenfunktionsspezifischer Anforderungen an:
  - Dynamik der Bahnführung
  - Genauigkeit der Umsetzung
- Bedienung sämtlicher Kooperationsgrade und deren Übergänge  
...für alle
  - Derivate
  - Beladungszustände
  - Bereifung
  - Reibwerte
  - Sonderausstattungen
  - Hardwarevarianten
  - Fahrzeuggeschwindigkeiten
  - Straßenbeschaffenheiten

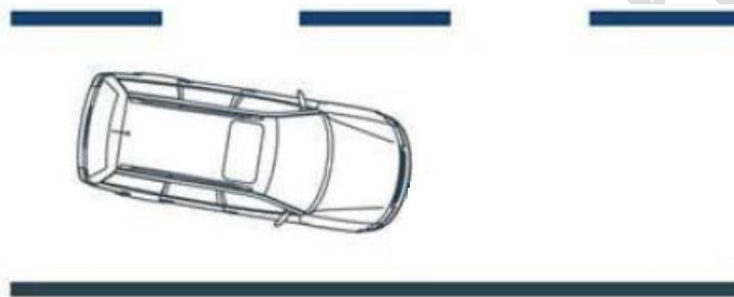
5 Funktionslogik und Regelung → 5.1 Einführung, Methoden und Anforderungen

5- 12

- 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.)

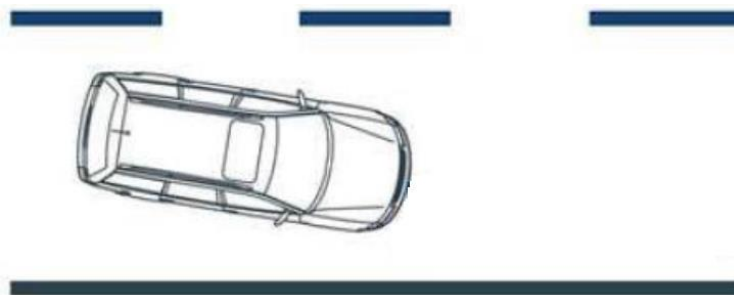
1. Kriterium:

Definition:



2. Kriterium:

Definition:



Lösung:

## Lane Departure Warning

Kriterien

### Distance-to-Line-Crossing (DLC)

Definition:

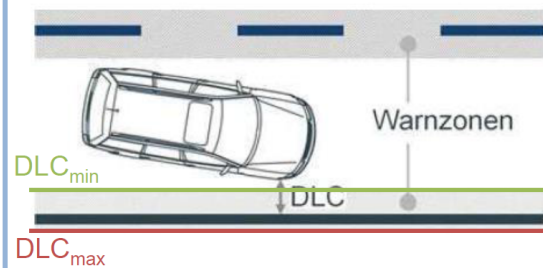
- Lateraler Abstand eines Punktes des Fahrzeugs zur Fahrstreifenbegrenzung

Eigenschaften:

- Keine Vorausschau
- Fahrerinformation nur in der Warnzone

Nachteil:

- Fehlinformation bei dichter Fahrt an der Markierung



5 Funktionslogik und Regelung → 5.3 Querführung

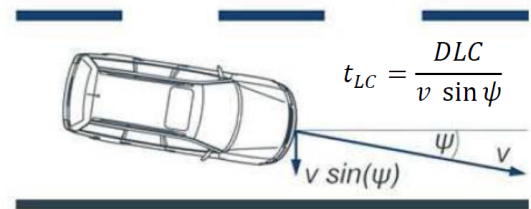
### Time-to-Line-Crossing (TLC)

Definition:

- Zeitspanne nach der das Fahrzeug die Fahrstreifenbegrenzung überschreitet

Eigenschaften:

- Prädiktion des Verlassens des Fahrstreifens basierend auf Lage und Bewegung des Fahrzeugs
- Fahrerinformation ab definiertem Schwellwert
- Vermeidung von Fehlinformationen wie bei DLC



Quelle: Winner2015

5- 121

1 Punkt je korrektem Kriterium – 2P

2 Punkt je korrekter Definition – 4P

2 Punkte je korrekter Skizze – 4P

<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

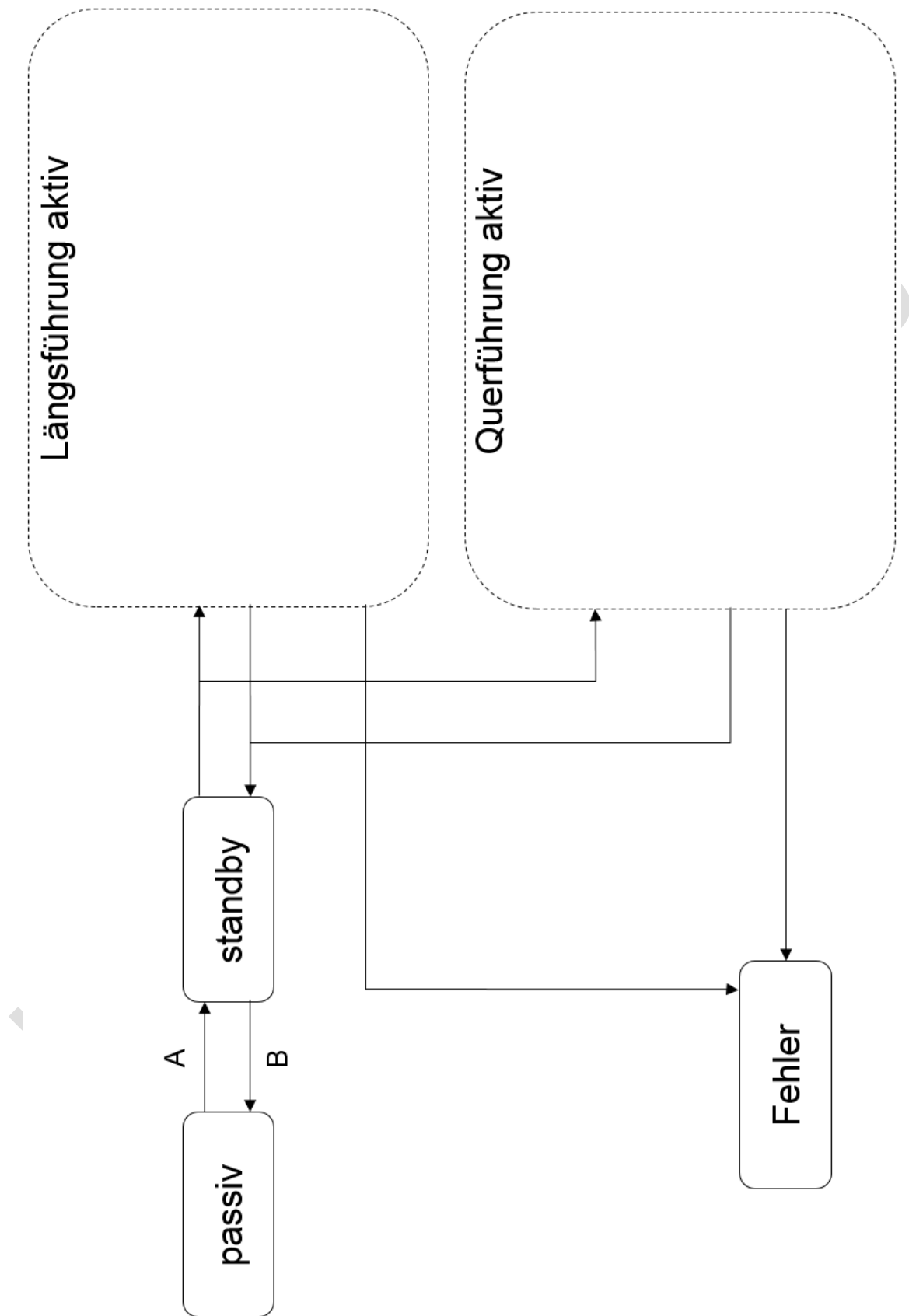
erfolgreich bewältigt werden können.

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

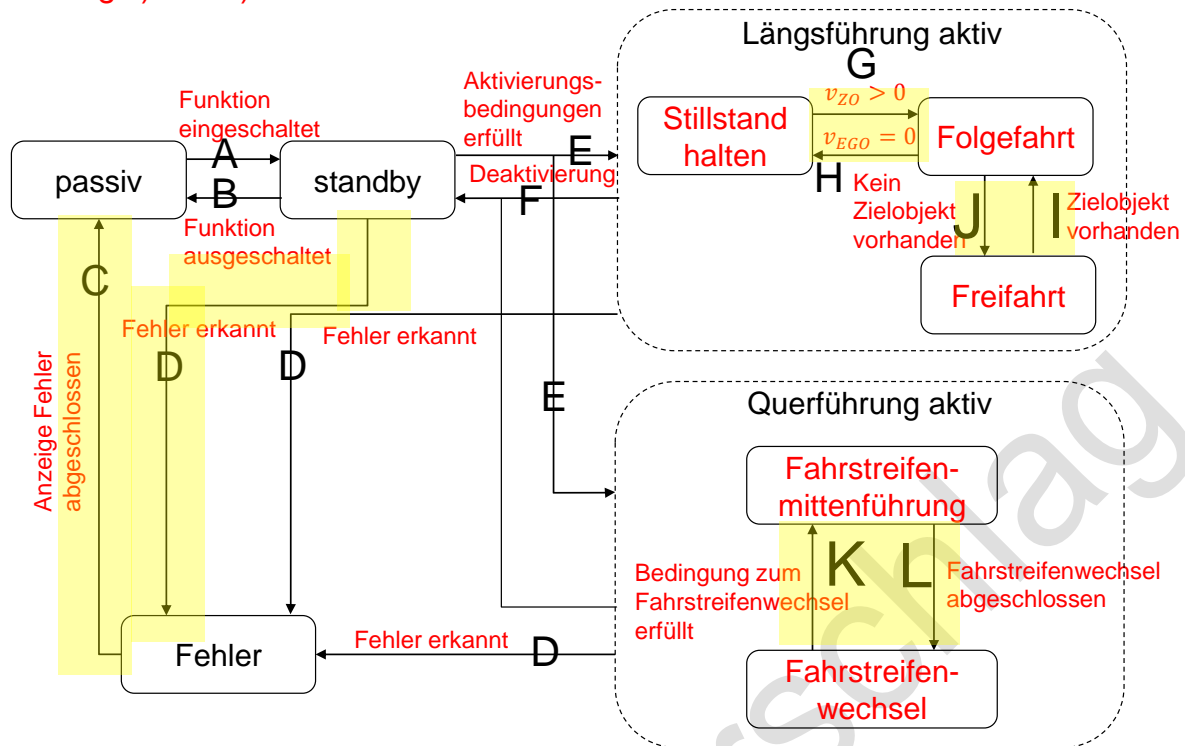
- a.) Ordnen Sie die gegebenen Zustände den Zustandsautomaten „Längsführung aktiv“ und „Querführung aktiv“ zu, indem Sie diese in die Skizze einzeichnen. (5 P.)
- b.) Ergänzen Sie alle weiteren benötigten Zustandsübergänge mit Hilfe von Pfeilen. (4 P.)
- c.) Beschriften Sie die Zustandsübergänge mit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



[illegible]



Lösung a) und b):



1 P je richtig zugeordnete Zustand = 5 P

0,5P je korrektem Zustandsübergang (gelb markierte Pfeile)  $8 \cdot 0,5 = 4P$

Lösung c.)

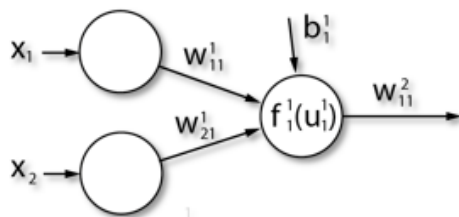
Kürzel	Übergangsbedingung
A	Funktion eingeschaltet
B	Funktion ausgeschaltet
C	Anzeige Fehler abgeschlossen
D	Fehler erkannt x3
E	Aktivierungsbedingungen erfüllt x2
F	Deaktivierung x2
G	$v_{ZO} > 0$
H	$v_{EGO} = 0$
I	Kein Zielobjekt vorhanden
J	Zielobjekt vorhanden
K	Bedingung zum Fahrstreifenwechsel erfüllt
L	Fahrstreifenwechsel abgeschlossen

0,5P je korrekter Antwort. Insgesamt  $14 \cdot 0,5P = 7P$

<b>7. Aufgabe: N. 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.)

Lösung:

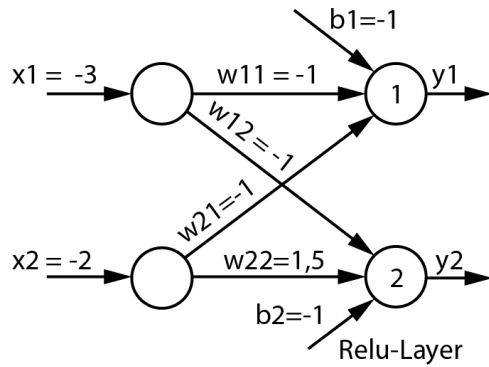


(0.5)

(x: Eingangswerte)  
w: Kantengewichte / Gewichte 0.5  
f : Aktivierungsfunktion 0.5  
(u: Aktivierung)  
b: bias 0.5

- b) Nennen Sie drei Vorteile von Grafikprozessoren gegenüber herkömmlichen Prozessoren und begründen Sie die weite Verbreitung dieser, beim Training von neuronalen Netzen. (5 P.)
- Hohe Berechnungsdichte (1P)
  - Viele Berechnungen pro Speicheraufruf (1P)
  - Optimiert für Parallele Rechnungen(1P)
  - -> Beim Trainings von NN treten hauptsächlich einfache Matrixmultiplikationen auf, diese können sehr gut parallelisiert und aufgrund der vielen Prozessoren auf einer Grafikkarte gerechnet werden (2P)
- c) Nennen Sie drei oft verwendete Layerarten. (3 P.)
- Fully Connected Layer (1P)
  - Convolution Layer (1P)
  - Max / Average Pool Layer (1P)
- 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.)
- Backpropagation
  - Stochastic Gradient Decent
  - Adaptive Gradient Decent
  - Root Mean Square Propagation
  - Adaptive Moment Estimation
- Adaptive Moment Estimation (1P) -> Konvergiert (idR) am schnellsten (1P)

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



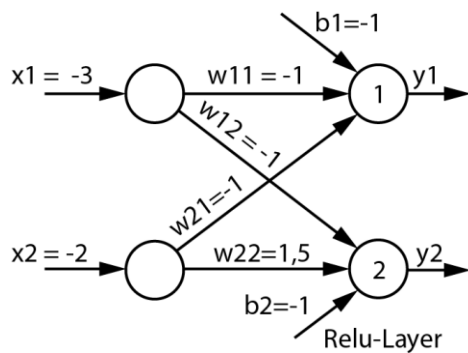
Aktivierung Neuron 1:

Ausgang Neuron 1:

Aktivierung Neuron 2:

Ausgang Neuron 2:


Lösung:



Aktivierung Neuron 1:

Ausgang Neuron 1:

Aktivierung Neuron 2:

Ausgang Neuron 2:


4

0,5P

4

1,5P

-1

0,5P

0

1,5P

<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
  
- Tertiäre Aufgabe
- Sekundäre Aufgabe
- Primäre Aufgabe (je 0,5P)

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

- Schnell, sicher und intuitiv
- Präzise Bedienung
- Kompatibel mit der entsprechenden Funktion bzw. Parametern (je 0,5P)

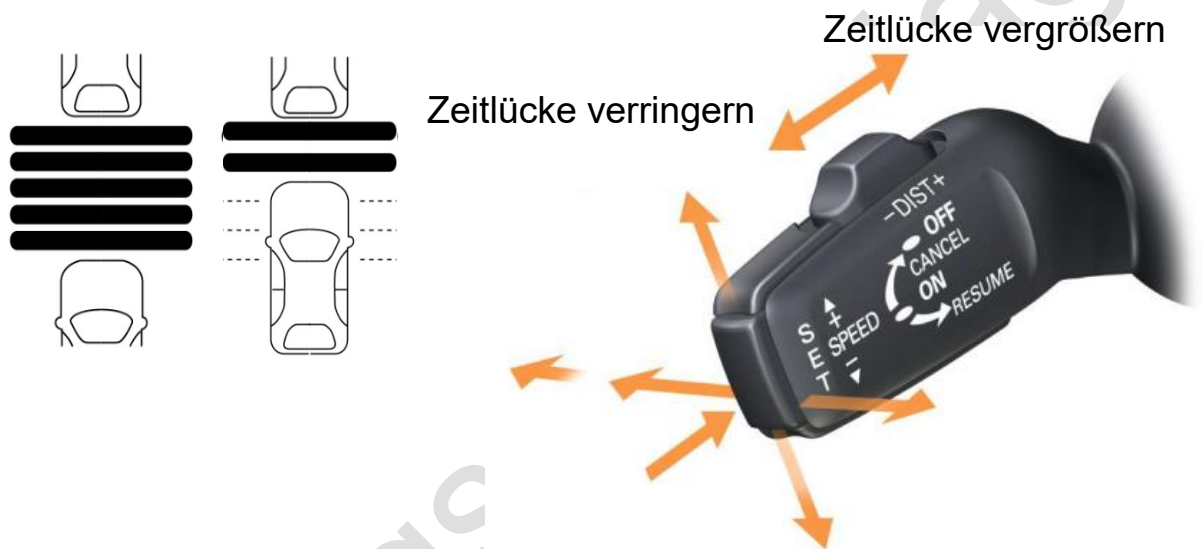
## 9. Kompatibilität

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.)



1. Primäre innere Kompatibilität: rechts, mehr

- Zeitlücke wird nach rechts vergrößert und nach links verringert -> primäre innere Kompatibilität gegeben

2. Primäre äußere Kompatibilität:

- Fahrzeuge von oben dargestellt, Verstellung der Zeitlücke jedoch seitlich -> Verletzung der äußeren Kompatibilität
- Verstellung der Zeitlücke seitlich: Bewegungsrichtung stimmt nicht mit der Realität überein -> Verletzung der äußeren Kompatibilität

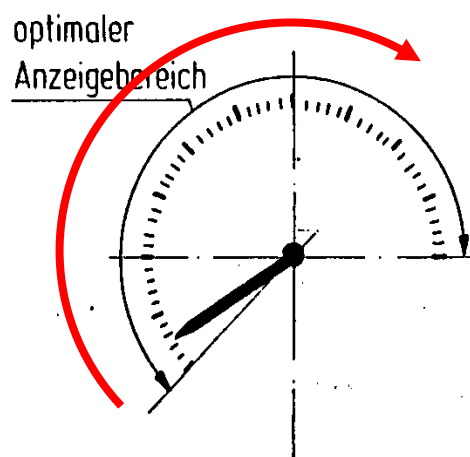
1P für korrekte Beurteilung, 1P für Begründung, 0,5P für Nennung innere/äußere Kompatibilität

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



Lösung:

Tacho und Drehzahlmesser verletzen den optimalen Anzeigebereich (0,5P für Nennung, 0,5P für optimalen Anzeigebereich). Drehzahlmesser verletzt sekundäre Kompatibilität (Drehsinn), da Zunahme gegen Uhrzeigersinn (1 Punkt).





<b>10. Aufgabe: 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.)

- Zu hohes Vertrauen: zu großes Vertrauen in ein System (bspw. ACC) führt dazu, dass bei einem Fehler die Situation zu spät erfasst wird
- Nachlässigkeit: der Fahrer verlässt sich auf eine gewisse Funktion, wodurch ein Fahrmanöver kritisch werden kann
- Risikokompensation: ein sportlicher Fahrer fährt deutlich riskanter, da er in Kurven und beim Bremsen unterstützt wird (bspw. durch ABS)
- Missbrauch: der Fahrer nutzt ein System über dessen Funktion hinaus (bspw. Orange bei Tesla zur Umgehung der Hands-on-Detection)

(zwei Auswirkungen nennen und erläutern, je 1P für Nennung und Erläuterung)

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

1. Generelles Bewusstsein über Automationsmodi (und deren Konsequenzen)
2. Bewusstsein über momentanen Zustand des Systems

(je 1P)

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

Ersetzend, warnend (je 0,5P)

<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	<b>S0</b>
2. Blockierbremsung	<b>S3</b>

## 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: (1 P.)

Fehlerbilder	Controllability - C (0,5 P. für beide richtigen Antworten)	Begründung (0,5 P. für beide richtigen Antworten)
1. Verzögerung	C1	Beispiele: - Aufmerksamer Fahrer - Reaktionszeit ausreichend (5 s)
2. Blockierbremsung	C3	Beispiele: - -> schwer kontrollierbar (150 km/h) - Normalfahrer unkontrollierbar

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.)

$$\text{ASIL D} = \text{ASIL C}_{(D)} + \text{ASIL A}_{(D)}$$

- d) Geben Sie die Formel für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (1,5 P. für abhängige Variablen und für korrekte die Formel)

$$R = F(f,C,S)$$

- 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)

HAZOP Hazard and Operability study, FMEA Failure Modes and Effects Analysis, FTA Fault Tree Analysis, HIL Hardware in the Loop

- 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.)

ISO 26262-3:2011  
(Teil 3 Konzeptphase, Seite 26, Tabelle B.4)

- g) Ist das Dokumentationsblatt im ADAS Code of Practice verpflichtend auszufüllen? (2 P.)

Empfehlung - nicht verpflichtend

- h) Nennen Sie drei Teilphasen aus der Konzeptphase. (3 P.)

Definitionsphase, Konzeptauswahl, Konzeptbestätigung

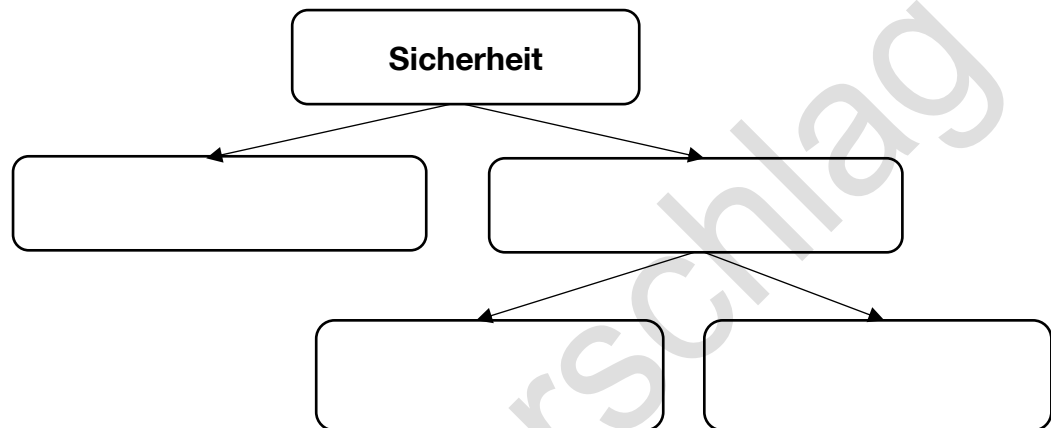
- i) Nennen Sie drei Bewertungsmethoden zum Nachweis der Controllability. (3 P.)

Expertengremium (Expert Panel)  
Fahrsimulatortest  
Fahrtests

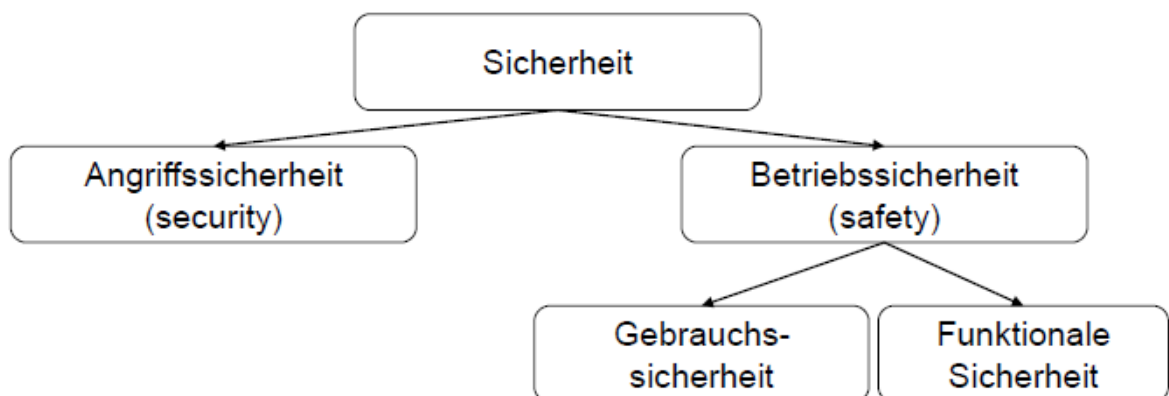
<b>12. Aufgabe: Sicherheit</b>	a: /4	b: /3	c: /4	d: /3	<b>/14</b>
--------------------------------	-------	-------	-------	-------	------------

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.)



Lösungsvorschlag:



- 1 P für korrekten Begriff an richtiger Position (insg. 4 P)
- (Falls „Gebrauchssicherheit“ und „Funktionale Sicherheit“ auf oberster Ebene, ggf. 2 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.)

**Lösungsvorschlag:**

- Internationaler Standard für die Funktionale Sicherheit von E/E-Komponenten in Serienfahrzeugen
- 1 P für Internationaler Standard / Entwicklungsprozesse / Anforderungen
- 1 P für „funktionale Sicherheit“
- 1 P für „E/E-Komponenten von Serienfahrzeugen“

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

**Lösungsvorschlag:**

- Exposure: E4, tritt in nahezu jedem Fahrzyklus auf
- Severity: S2/S3, Abkommen von der Fahrbahn / Gegenverkehr / ...

- Controllability: C2, mit Bremse übersteuerbar/kontrollierbar o. Motor abstellen / neutral schalten  
→ ASIL B / C
- Je 1 P plausible Begründung / Einordnung
- 1 P korrektes auslesen des ASIL Levels entsprechend der Einordnung

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

Lösungsvorschlag:

- Dekomposition hoher ASIL Anforderungen (z.B: ASIL-D) in niedrigere (z.B. ASIL-C und ASIL-A)
- Voraussetzung: Redundante Komponenten unter best. Voraussetzungen
- 
- 2 P für verständliche Beschreibung hohe Anforderung -> Niedrige (Am besten mit Beispiel, sonst ggf. -1 P)
- 1 P Redundanz („bestimmte Voraussetzungen“ nicht ausreichend)



Erläutern Sie, was der Unfalltyp im Rahmen der Unfallforschung beschreibt und nennen Sie vier verschiedene Ausprägungen. (3 P.)

**Lösung:**

1P für Definition Unfalltyp

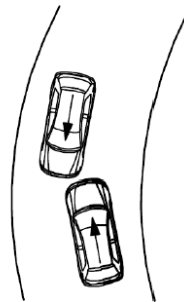
Jeweils 0,5 P für Ausprägungen

## Unfalltyp

**Unfalltyp:** beschreibt die unfallauslösende Situation.

Unterschieden werden folgende acht Unfalltypen:

- Fahr Unfall
- Abbiegeunfall
- Einbiege-, Kreuzungsunfall
- Überschreitungsunfall
- Unfall durch ruhenden Verkehr
- Unfall im Längsverkehr
- Sonstiger Unfall
- Sachschaden



Johannsen 2013, S. 14f

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.

Angabe	
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
Verletzungsrisikofunktionen	
Mindestens leichtverletzt	$\beta_0 = -1,5$ und $\beta_1 = 0,08$
Mindestens schwerverletzt	$\beta_0 = -3$ und $\beta_1 = 0,06$
Tödliche Verletzung	$\beta_0 = -5$ und $\beta_1 = 0,06$
Formeln für geraden zentrischen Stoß zweier Scheiben	
	$\Delta v_1 = -\frac{m_2 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$
	$\Delta v_2 = \frac{m_1 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$

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

Lösung:

Bestimmung Zeit für die Verzögerung: (2P)

$$s = 0,5 \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t$$
$$t_{1,2} = -\frac{v_0}{a} \pm \sqrt{\frac{v_0^2}{a^2} + \frac{2s}{a}} = 2,619 \text{ s}$$

Grundsätzlich errechnet sich nur leichtverletzt: (1P)

$$p_{\text{leichtverletzt}} = p_{\text{mind. leichtverletzt}} - p_{\text{mind. schwerverletzt}}$$

Bestimmung der Kollisionsgeschwindigkeit (2P)

$$v = v_0 + a_{\text{Notbremsassistent}} \cdot t = 33,33 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,619 \text{ s} = 16,31 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 58,73 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Bestimmung der Geschwindigkeitsänderung für das Fahrzeug „Autobahnassistent“ (2P)

$$\Delta v_{\text{Notbremsassistent}} = -\frac{1380 \text{ kg} \cdot 1,1}{1380 \text{ kg} + 1750 \text{ kg}} \cdot (58,73 - 0) \frac{\text{km}}{\text{h}} = -28,48 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$p(\Delta v) = \frac{e^z}{1+e^z} \text{ mit der Linearkombination } z(x) = \beta_0 + \beta_1 \cdot x \text{ (Formeln jeweils 1P)}$$

$$p_{\text{mind. leichtverletzt}} = 0,6854 \text{ und } p_{\text{mind. schwerverletzt}} = 0,2157 \text{ (2P)}$$

$$p_{\text{leichtverletzt}} = p_{\text{mind. leichtverletzt}} - p_{\text{mind. schwerverletzt}} = 0,4697 = 46,97\% \text{ (1P)}$$

**15. Aufgabe: Aktuelle Systeme**

a: /4

b: /3

c: /4

**/11**

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) <b>Bremse</b>	<b>Einseitiger Eingriff in Bremse bereits durch ESP möglich und somit sehr geringe Zusatzkosten</b>
2) <b>Lenkung</b>	<b>Stärkere Eingriffe möglich → Bessere Performance Kein Geschwindigkeitsverlust</b>

- 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	<b>Warnsymbol im Head-up-Display</b>
Akustisch	<b>Warnton aus Lautsprecher</b>
Haptisch	<b>Lenkrad-Vibration</b>

- 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.)

**Lösung:**