

## 1. Aufgabe: Einführung

---

- 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	
①	
②	
③	
④	

- b) Ordnen Sie die Systeme „Einparkassistent“ und „Tesla Autopilot“ den Automatisierungsgraden aus a) zu (entspr. Zahl angeben) und begründen Sie ihre Entscheidung kurz. (3 P.)

<b>System</b>	<b>Zuordnung</b>	<b>Begründung</b>
Einparkassistent		
Tesla Autopilot		

- c) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen Fahrzeugassistentz und Fahrerassistentz. Nennen Sie dazu jeweils zwei zentrale Motivationspunkte. (4 P.)

<b>Fahrzeugassistentz</b>	<b>Fahrerassistentz</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> <li>▪</li> </ul>

## 2. Aufgabe: Sensorik I

---

- a) In Fahrerassistenzsystemen und beim automatisierten Fahren kommen passive und aktive Sensoren zum Einsatz. Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen diesen beiden Prinzipien. Ordnen Sie anschließend die vier untenstehenden Sensortypen den genannten Kategorien zu. (4 P.)

Unterschied aktiv / passiv		
Sensor	aktiv	passiv
Kamera		
RADAR		
Ultraschall		
LIDAR		

- 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.)

	Mehrebenen LIDAR	Kamera	Ultraschall
Objektklassifikation			
Objekthöhe			
Preis			

- c) Ultraschallsensoren machen vom Time-of-Flight-Prinzip Gebrauch. Erläutern Sie dieses kurz und geben Sie die zugrundeliegende Formel mit Benennung der benötigten mathematischen Größen an. (3 P.)

Erläuterung:

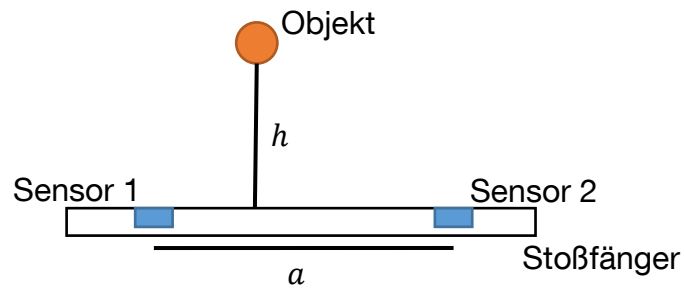
Formel: (1 P.)

Größen: (1 P.)

--	--

- d) Mit zwei Ultraschallsensoren lässt sich durch Triangulation nicht nur der Abstand zu einem Objekt, sondern auch dessen Position schätzen. Vervollständigen Sie untenstehende Skizze und leiten Sie die Formel für den kürzesten Abstand  $h$  bei bekanntem Abstand  $a$  der Sensoren her. (8 P.)

Tipp:  $x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$



Herleitung:

### 3. Aufgabe: Sensorik II

- a) Die Kamera ist ein passiver Sensor, der variable Helligkeitswerte von einer Szene digitalisiert. Skizzieren Sie Verläufe für die einzelnen Ausprägungen (kontinuierlich / diskret) aus der Kombination zwischen Helligkeitswert und Zeit. Beschriften Sie dabei mindestens eine Achse je Kombination. (6 P.)

Wert	kontinuierlich		
	diskret		
		kontinuierlich	diskret
		Zeit	

- b) Welche Ausprägung (kontinuierlich / diskret) tritt in der Realität bei der Zeit, dem Ort und dem Helligkeitswert auf und welche nachdem die Kamera die Umgebung erfasst hat? Durch welche Eigenschaften der Kamerafunktionsweise wird die jeweilige Ausprägung von Zeit, Ort und Wert erreicht? (5 P.)

Ausprägungen in Realität:	
Ausprägungen nach Kameraaufnahme:	
Eigenschaft Zeit:	
Eigenschaft Ort:	
Eigenschaft Wert:	

- c) Nennen Sie den Operator der zweiten Ableitung zur Detektion von Kanten in einem Bild. Geben Sie dessen Filtermaske an. (2 P.)

Operator:

Filtermaske:


#### 4. Aufgabe: Sensorik III

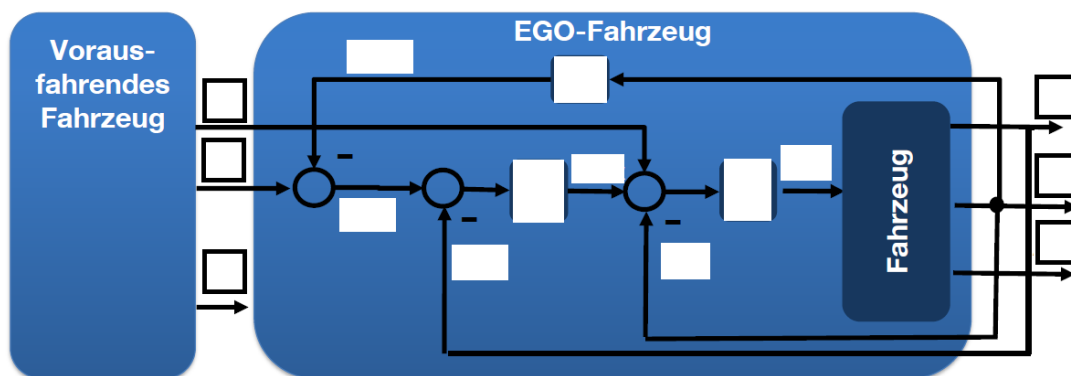
---

- a) Zukünftige Fahrzeuge werden mit Car-to-X Modulen ausgestattet. Erläutere kurz das Konzept von Car-to-X und nenne 2 Vorteile die dadurch entstehen. (4 P.)
- b) Kollektive Perzeption ist ein Konzept, um ein gemeinsames Umfeldmodell aufzubauen. Dafür werden Informationen über C2X ausgetauscht und anschließend fusioniert. Welche Daten übertragen werden, hängt von der gewählten Fusionsebene ab. Gib für zwei Fusionsebenen an welche Daten über C2X übertragen werden müssen und nenne Vor-/Nachteile beider Ansätze. (6 P.)
- c) Nenne zwei in der Vorlesung besprochene Tracking-Methoden. Beschreibe kurz die Grundschrirte von einer der Methoden. (4 P.)

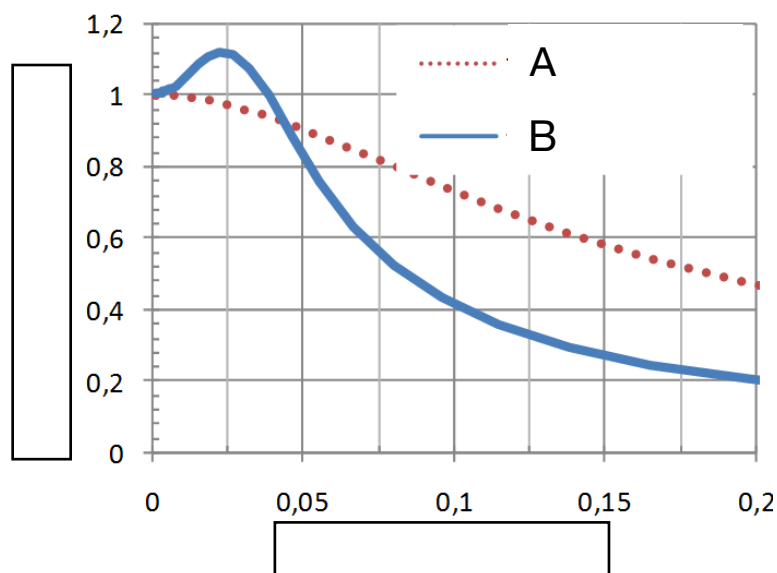
## 5. Aufgabe: Funktionslogik Regelung

Sie sind nach dem Studium in einem Start-Up gelandet, welches innovative Fahrzeuge für eine ausgewählte Zielgruppe produziert. Gerade stehen Sie vor der Entscheidung ob Sie ein ACC-System kaufen sollen oder dieses selbst entwickeln. Um ihren Chef zu beeindrucken wollen Sie ein einfaches ACC im Prototypen integrieren.

- a) Sie erinnern sich an das Blockschaltbild für eine Kaskadenregelung aus der Vorlesung. Nachdem Sie endlich die richtige Seite im Skript gefunden haben, stellen Sie fest, dass der Großteil wegen Kaffeefflecken nicht mehr erkennbar ist. Vervollständigen Sie das gegebene Blockschaltbild (Skizze) um die fehlenden Bereiche. (7,5 P.)



- b) Sie haben die obige Kaskadenregelung in einer einfachen Simulationsumgebung getestet und die Parameter  $\tau_v$  und  $\tau_d$  optimiert. Bisher haben Sie nur ein Zielfahrzeug und ein Folgefahrzeug betrachtet. Im Folgenden wollen Sie mehrere ACC-Fahrzeuge hintereinander simulieren. Ein Kollege gab Ihnen den Hinweis die Kolonnenverstärkung genauer zu betrachten. Ergänzen Sie die Achsenbeschriftung inkl. Einheit in folgendem Diagramm (2 P.)





- c) Entscheiden Sie sich für Parameter A oder Parameter B? Begründen Sie ihre Entscheidung und Kennzeichnen Sie den kritischen Bereich im Diagramm aus Aufgabe b). (3,5 P.)

**Entscheidung Parameter:**

**Begründung:**

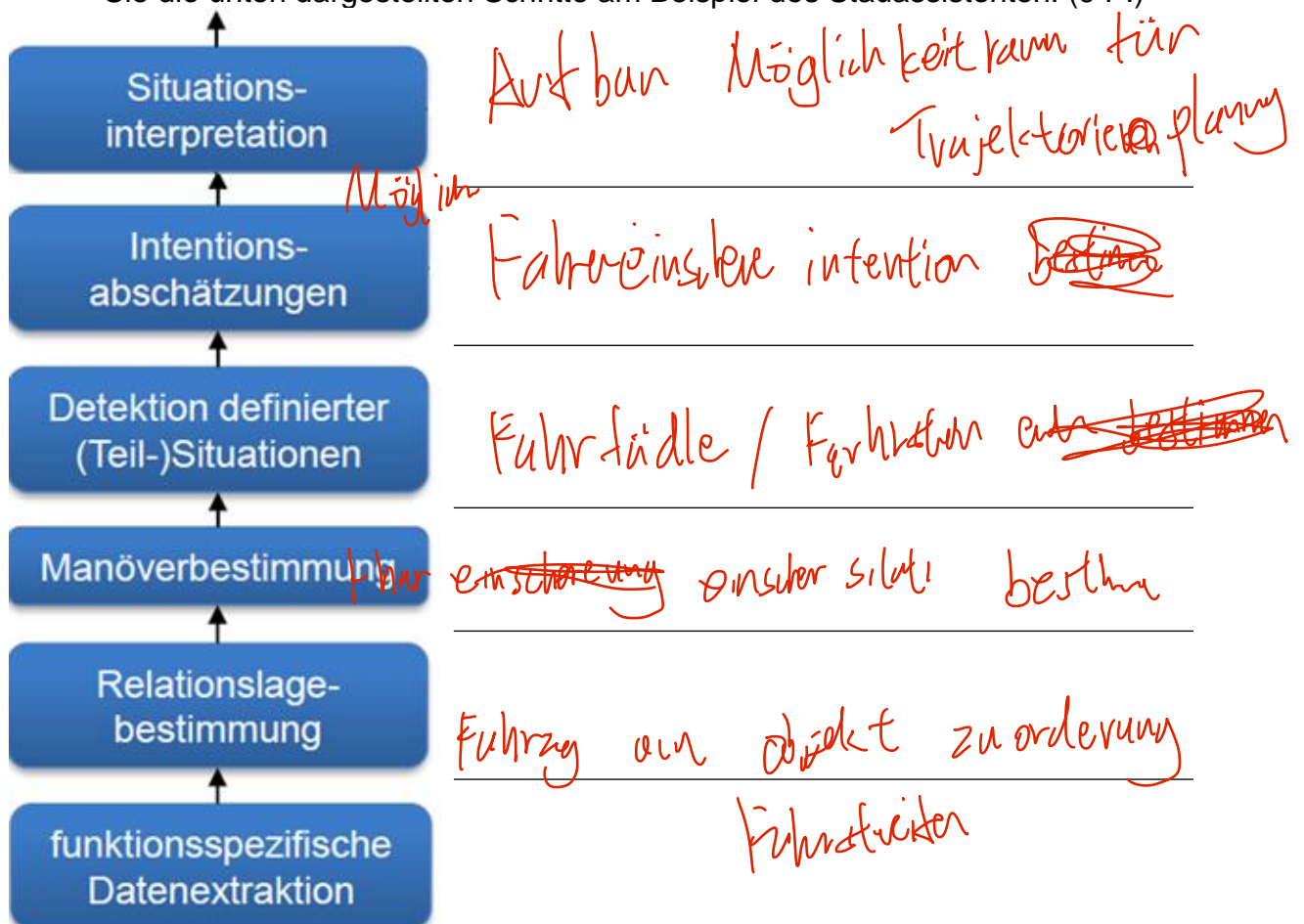
- d) Um das Zielobjekt, welches in Ihrer Regelung berücksichtigt werden soll, zu ermitteln, benötigen Sie zunächst den Kurs Ihres eigenen Fahrzeugs. Welche Möglichkeiten gibt es die Krümmung der aktuellen Trajektorie anhand von Fahrdynamiksensoren zu bestimmen? Bitte nennen Sie drei Möglichkeiten sowie jeweils **eine** Schwäche (3 P.)

## 6. Aufgabe: Funktionale Systemarchitektur

- a) Die Situationserfassung und -interpretation ist eine wesentliche Komponente innerhalb der funktionalen Systemarchitektur eines Fahrerassistenzsystems. Nennen Sie sechs in der Vorlesung genannte Situationsaspekte, die bei der Entwicklung eines Stauassistenten berücksichtigt werden müssen. (6 P.)

- Art der Situation
- Fahrzeug an Objekt zuordnung
- Fahr ~~einschätzung~~ <sup>insider</sup> situation
- Fahrfläche situation
- Fahrstreifen ende
- Kolonne von Ego Fahrzeug

- b) Um zu einem Ergebnis bei der Situationsinterpretation zu gelangen werden verschiedene Schritte innerhalb einer Situationsanalyse durchlaufen. Erläutern Sie die unten dargestellten Schritte am Beispiel des Stauassistenten. (9 P.)



## 7. Aufgabe: Deep Learning - Grundlagen

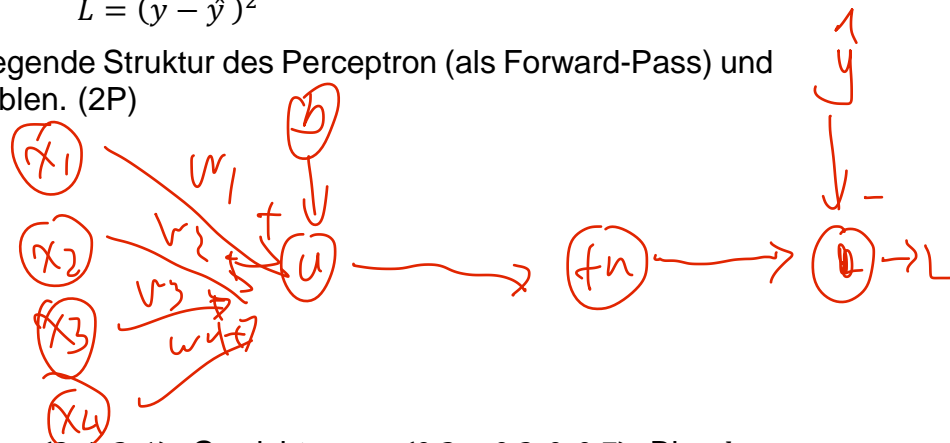
Sie haben einen dreidimensionalen Eingang  $x_i = (x_1, x_2, x_3, x_4)$  fully-connected zu 1 Neuron mit Aktivierungsfunktion,  $f(u)$ . Die Vorwärtsausbreitung (Forward-propagation) kann wie folgt beschrieben werden:

$$u = \left( \sum_{k=1}^4 w_k x_k \right) + b$$

$$y = f(u)$$

$$L = (y - \hat{y})^2$$

- a) Zeichnen Sie die grundlegende Struktur des Perceptron (als Forward-Pass) und benennen Sie alle Variablen. (2P)



- b) Gegeben ist: Eingabe  $x = (3, 1, 2, 1)$ , Gewichte  $w = (0.2, -0.3, 0, 0.7)$ , Bias  $b = 0.1$ , gewünschte Ausgabe  $\hat{y} = 0.3$ . Berechnen Sie  $u$  (1P):

$$u = 0.2 \times 3 + (-0.3) \times 1 + 0 \times 2 + 0.7 \times 1 + 0.1$$

$$= 0.6 - 0.3 + 0.7 = 1.1$$

- c) Zeichnen Sie die folgenden Aktivierungsfunktionen,  $f_i$  und schreiben Sie die jeweilige Definition (als Gleichung). Berechnen Sie die Ausgabe  $y$  und den Trainingsfehler  $L$  für alle drei Aktivierungsfunktionen (6P).

	Sigmoid	TanH	ReLU
Skizze			
Definition	$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	$f = \max(0, u)$
$y = f(u)$	0.75	0.8	1.1
$L = (y - \hat{y})^2$	0.20	0.25	0.64

## 8. Aufgabe: Deep Learning - Convolution

Sie haben eine Kamera an Ihrem Auto montiert und einen Datensatz mit 1000 Bildern gesammelt. Jetzt möchten Sie diesen Datensatz verwenden, um einen Klassifikator zu trainieren, der Autos im Umgebungsverkehr erkennt. Schließlich haben Sie sich entschieden, dass die Auflösung der RGB-Bilder  $[128 \times 128 \times 3]$  px sein wird.

- a) Berechnen Sie wie viele Gewichte  $n_w$  jedes Neuron in der resultierenden Aktivierungsmappe (Conv Layer) haben wird, wenn der Filter eine Größe von  $[7 \times 7]$  px hat (1 P.).

$$7 \times 7 \times 3 + 1 = 147 + 1$$

- b) Um die Anzahl der Parameter und die Komplexität zu reduzieren, fügen Sie die MaxPool  $[2 \times 2]$  hinzu (Stride=2). Berechnen Sie die Ausgabematrix (2P):

Eingabematrix			
1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

Ausgabematrix

6	7
3	4

- c) Nach dem Training haben Sie bemerkt, dass Ihr Klassifikator in der Nacht nicht gut funktioniert. Was ist eine mögliche Ursache und wie würden Sie das Problem lösen (1 P.)?

- d) Sie haben festgestellt, dass die Leistung des Klassifikators verbesserungswürdig ist. Ihr Auto befindet sich jedoch in der Reparatur und Sie können die neuen Datensatzbilder nicht aufzeichnen. Gibt es eine Möglichkeit, Ihren Datensatz zu vergrößern, ohne neue Bilder aufzunehmen? Nennen Sie die mindestens 2 Operationen (2 P., je 1 P.).

a) Erläutern Sie die Begriffe „Bottom Up“ und „Top Down“ vor dem Hintergrund des SEEV-Models. (2P)

b) Nennen Sie zwei Gestaltungsziele bei der Entwicklung von Bedienelementen. (1P)

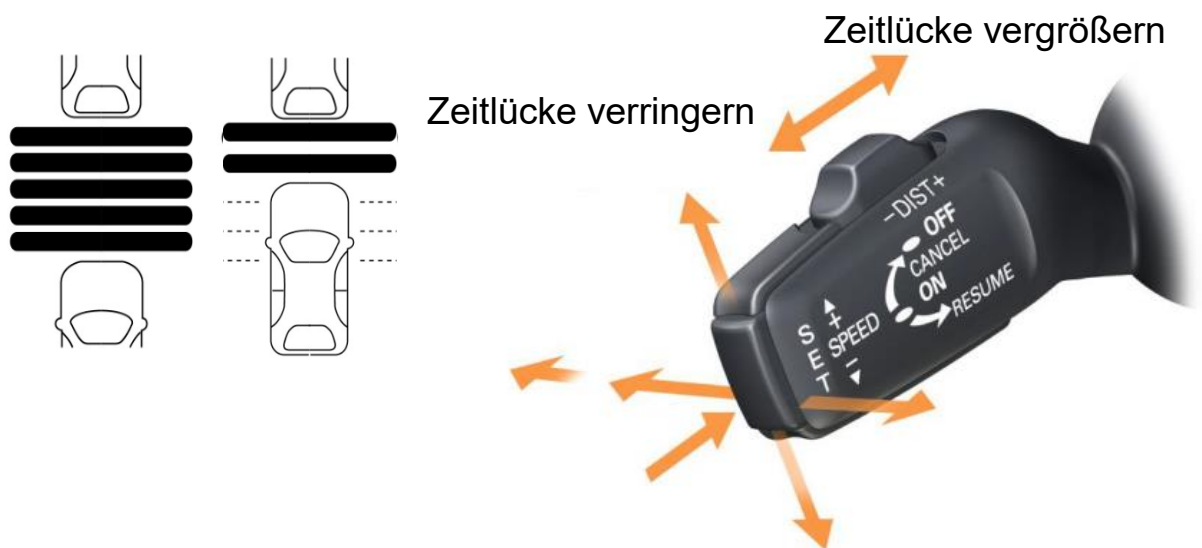
c) Erläutern Sie den Begriff „nutzbares Sehfeld“. (2P)

## 10. Aufgabe: Kompatibilität

---

a) Definieren Sie den Begriff „sekundäre Kompatibilität“ (1P).

b) Die Längsführung kann bei einem Autobahnassistenten entweder durch eine Trajektorienplanung oder mit Hilfe eines Abstandregeltempomaten (ACC) realisiert werden. Die ausgewählte Zeitlücke wird im Kombidisplay dargestellt und kann am ACC-Hebel wie dargestellt verringert oder vergrößert werden.  
Bewerten Sie die Umsetzung der Teilfunktion „Zeitlücke verstellen“ des dargestellten ACC-Bedienelements und die zugehörige Anzeige nach dem Kriterium der primären Kompatibilität. (3P)



- c) Beurteilen Sie den dargestellten Drehzahlmesser nach dem Kriterium der sekundären Kompatibilität. (2P)



[illegible]



## 12. Aufgabe: ASIL Modell und Controllability

---

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  $1,0 \text{ m/s}^2$  beschleunigen und Verzögerungen bis zu  $3 \text{ m/s}^2$  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 nicht zu den ASIL-Sicherheitsanforderungen angenommen.

### Folgende Fehlerbilder treten auf:

1. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit  $200 \text{ km/h}$  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  $1,0 \text{ m/s}^2$ . 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: (insgesamt 0,5 P)

Fehlerbilder	Severity - S (0,5 P. insgesamt für Antwort 1 und 2)
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.) Nehmen Sie im Folgenden eine Wahrscheinlichkeit (Exposure) von E3 an. Ermitteln Sie aus der Severity, Exposure und Controllability in untenstehender Matrix, welche Maßnahmen für das jeweilige Fehlerbild anzusetzen sind und kreisen Sie die drei Ursprungsparameter und ihr Ergebnis in der Tabelle unten ein. Überprüfen Sie auf Plausibilität der Ergebnisse. Zum Ausschließen von Folgefehlern besteht die Möglichkeit neue Werte zu verwenden (1,5 P. - davon 0,5 für richtiges Einkreisen in der Tabelle, 1 P für richtige Antwort)

		C1	C2	C3
<b>S1</b>	<b>E1</b>	QM	QM	QM
	<b>E2</b>	QM	QM	QM
	<b>E3</b>	QM	QM	A
	<b>E4</b>	QM	A	B
<b>S2</b>	<b>E1</b>	QM	QM	QM
	<b>E2</b>	QM	QM	A
	<b>E3</b>	QM	A	B
	<b>E4</b>	A	B	C
<b>S3</b>	<b>E1</b>	QM	QM	A
	<b>E2</b>	QM	A	B
	<b>E3</b>	A	B	C
	<b>E4</b>	B	C	D

Zur Erläuterung:

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

ASIL-A niedrige Sicherheitsanforderungen bis ASIL-D sehr hohe Sicherheitsanforderungen.

Fehlerbilder	ASIL (1 P.)
1. Blockierbremsung	

- d.) Wie definiert der ADAS Code of Practice die „Controllability“  
(2 P.)
- e.) Die Checkliste B des ADAS Code of Practice schlägt eine Vorgehensweise vor, um die Systemspezifikation bezüglich der Controllability des Systems zu evaluieren. Welchen vier Entwicklungsphasen sind die Tabellen in Checkliste B zugeordnet? (2 P., je 0,5 P)
- f.) Nennen Sie 5 Einflussfaktoren im Hinblick auf den dynamischen Fahrstatus  
(je 1 P für richtige Antwort, gesamt 5 P.)
- g.) Produktinformationen sind Informationen über das System in allen verfügbaren Medien. Unter anderem sind dies die Produktwerbung, die direkte Information des Handels (Verkaufsgespräche etc.), aber auch die Bedienungsanleitungen. Welche Inhalte werden zur korrekten Systembedienung empfohlen? (5 P, je 1 P für richtige Antwort)

### 13. Aufgabe: Entwicklung

---

In der Vorlesung wurde die von Prof. Maurer (TUBS) entwickelte Methode für den systematischen Entwurf von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt. Im Folgenden soll ein Konzept für einen Level 3 Autobahnassistenten entwickelt werden. Im Rahmen dessen werden exemplarisch drei Teilschritte des Entwicklungsprozesses durchlaufen.

- a.) Im Folgenden werden die Teilschritte „*Funktionsdefinition*“, „*Technische Machbarkeit*“ und „*Sicherheitskonzept*“ des Entwicklungsprozesses betrachtet. Skizzieren Sie das Vorgehensmodell von Maurer und beschriften Sie die drei genannten Teilschritte in dieser Struktur. (4 P.)

Der zu entwickelnde Autobahnassistent soll folgende Eigenschaften erfüllen:

- Vollautonome Fahrt auf bestimmten Autobahnen bis 60 km/h, ohne Überwachung
- Übernahmeaufforderung via HMI, wenn Rahmenbedingungen verletzt

- b.) Nennen Sie drei signifikante funktionale Anforderungen, die sich an das System stellen? (3 P.)

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. (3 P.)

d.) Erläutern Sie kurz die Sicherheitsklassen „Gebrauchssicherheit“ und „funktionale Sicherheit“. Gehen Sie dabei auf die Ziele der beiden Kategorien im Bereich Fahrerassistenz ein. (6 P)

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

---

a) Bei der Datenerhebung wird in drei Erhebungsarten unterschieden. Erläutern Sie die unten dargestellten Erhebungsarten kurz. (3 P.)

- **Unmittelbare Primärerhebungen (UP):**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- **Retrospektive Primärerhebungen (RP):**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- **Retrospektive Sekundärerhebungen (RS):**

Nach der Markteinführung eines neuen Fahrerassistenzsystems wollen Sie den Odds Ratio und den Nutzen des Fahrerassistenzsystems bei Vollkasko Kollisionen überprüfen. Hierzu liegen Ihnen folgende Unfallzahlen vor:

	<b>Alle Unfälle ohne NBA</b>	<b>Alle Unfälle mit NBA</b>	<b>Relevante Unfälle ohne NBA</b>	<b>Relevante Unfälle mit NBA</b>
Vollkasko-Kollisionen	520	380	23	8



- b) Berechnen Sie Odds Ratio und Nutzen. Geben Sie zusätzlich die dafür nötige Formel an. (4 P.)

**OR =**

**Nutzen =**

- c) Wie wird im Rahmen der prospektiven Bewertungsmethodik das Wirkungsfeld und der Wirkungsgrad eines Fahrerassistenzsystems beschrieben (2 P.)

- **Wirkungsfeld =**

- **Wirkungsgrad =**

- d) 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. (6 P.)

Bezeichnung	Bezug	Beispiel

### 15. Aufgabe: Aktuelle Systeme

---

- a) Die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls sowie die Folgen für Passagiere lässt sich durch „Forward Vehicle Collision“ Systeme reduzieren. Nennen Sie für jede der genannten Eskalationsstufen eines solchen Systems für die Längsführung zwei in der Vorlesung genannte mögliche Maßnahmen (je 0.5 P.). (4 P.)

Eskalationsstufe	Mögliche Maßnahmen
Konditionierung	
Warnung	
Teilbremsung	
Vollbremsung	

- b) Um das Unfallrisiko bei Dunkelheit zu verkleinern, sind moderne Fahrzeuge mit sogenannten Night-Vision-Systemen ausgestattet. Erläutern Sie die Funktionsweise von Nahinfrarot- und Ferninfrarot-Systemen (je 2 P.) und zeigen Sie dabei den prinzipiellen Unterschied zwischen den beiden Systemen auf (1 P.) (gesamt 5 P.)