

1. Aufgabe: Einführung

- a) Nennen Sie die fünf Grade der Automatisierung entsprechend der Definition der SAE in geordneter Reihenfolge (*linke Spalte*). Benennen Sie dabei in kurzen Stichpunkten jeweils den entscheidenden Unterschied zur vorherigen Stufe (*rechte Spalte*). (9 P)

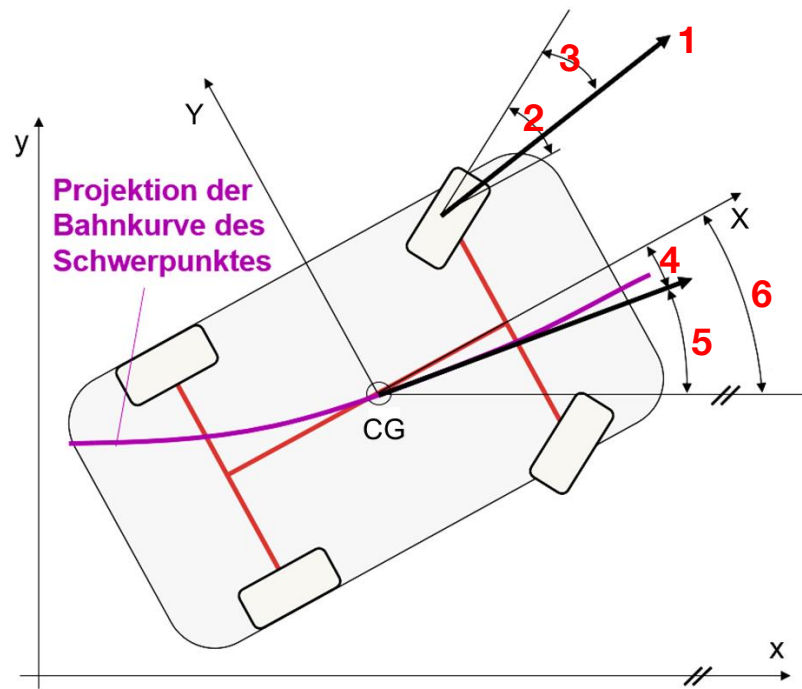
Automatisierungsgrad	
No Automation	
Driver Assistance	System übernimmt Quer- <u>oder</u> Längsführung
Partial Automation	System übernimmt Quer- <u>und</u> Längsführung
Conditional Automation	Fahrer muss nicht mehr überwachen
High Automation	System als Rückfallebene für speziellen Anwendungsfall
Full Automation	Jeder Anwendungsfall

Lösungsvorschlag:

- 0,5 P je korrekter Nennung eines Automatisierungsgrades
- 1 P bei korrekter Reihenfolge
- 1 P je korrektem Unterschied (Punkt wird nur gegeben wenn auch Start/Ziel zum genannten Unterschied passen)

b) Ergänzen Sie folgende Bewegungsgrößen in beigelegter Skizze. Achten Sie auf eine eindeutige Zuordnung. (6 P)

1. Radgeschwindigkeit
2. Lenkwinkel
3. Schräglaufwinkel
4. Schwimmwinkel
5. Kurswinkel
6. Gierwinkel



Je 1 P.

2. Aufgabe: Sensorik

a) Bewerten Sie in der untenstehenden Tabelle die Eigenschaften bzw. Fähigkeiten der Sensortypen. Vergeben Sie die Plätze 1 bis 3. Dabei steht Platz 1 für den besten Sensor bezüglich der bewerteten Eigenschaft. (3 P)

	RADAR	Ultraschall	Rotierender LIDAR
Preis	2	1	3
Messung der Objektgeschwindigkeit	1	2 / 3	3 / 2
Sichtbarkeit des Sensors am Fahrzeug (je unauffälliger, desto besser)	1	2	3

3 x 1 P. (je richtige Zeile)

- b) Fahrstreifenmarkierungen können sowohl mittels Kamera als auch LIDAR detektiert werden. Beschreiben Sie kurz, wie die Detektion mit beiden Sensortypen umgesetzt werden kann. Begründen Sie anschließend, welcher Sensor in der Praxis häufiger für die genannte Aufgabe eingesetzt wird. (4 P)

Kamera:

Farb- / Helligkeitsunterschied zwischen Fahrbahn und Fahrstreifenmarkierung auf den aufgenommenen Bildern wird verwendet, um die Markierungen mittels Kantendetektion zu erkennen. (Alternativ: Machine Learning Algorithmen, bspw. CNNs) (1,5 P.)

Lidar:

Aufgrund der Oberflächeneigenschaften der Markierung reflektieren diese die ausgesendete Laserstrahlung besser als die Fahrbahn. Auf Basis der höheren rückgestreuten Leistung im Bereich der Markierung können diese erkannt werden.

(1,5 P.)

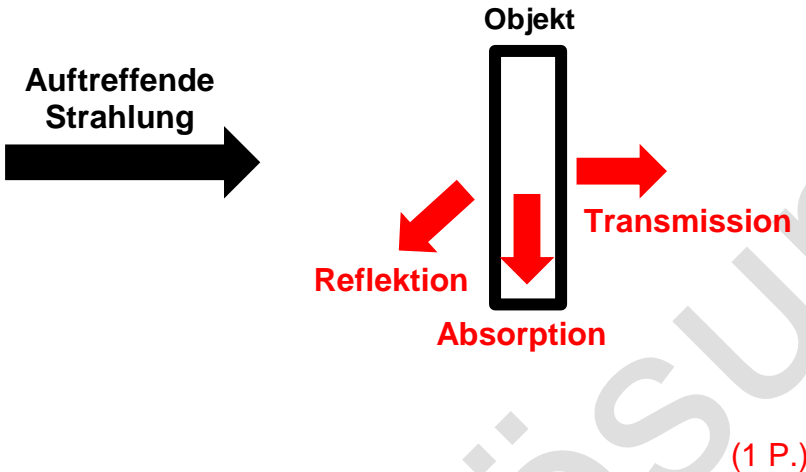
Einsatz in Praxis:

In der Praxis häufiger mit Kamera, weil Sensorik günstiger und trotzdem robuste Detektion möglich.

(1 P.)

- c) Beim Auftreffen von Strahlung auf ein Objekt treten die drei, in untenstehender Tabelle aufgeführten Mechanismen auf. Beschreiben Sie diese Mechanismen kurz und verdeutlichen Sie die Mechanismen anhand untenstehender Skizze. (4 P)

	Bezeichnung	Erklärung
M 1	Reflektion	An der Grenzfläche zum Objekt zurückgestreute Anteil der einfallenden Strahlung. (1 P.)

M 2	Transmission	Durch das Objekt hindurchdringender Anteil der einfallenden Strahlung. (1 P.)
M 3	Absorption	Innerhalb des Objekts aufgenommener Anteil der einfallenden Strahlung. (1 P.)
Skizze		
		

- d) Bei RADAR Sensoren wird die ausgesendete Strahlung moduliert. Nennen Sie die drei Grundarten der Modulation. (3 P)

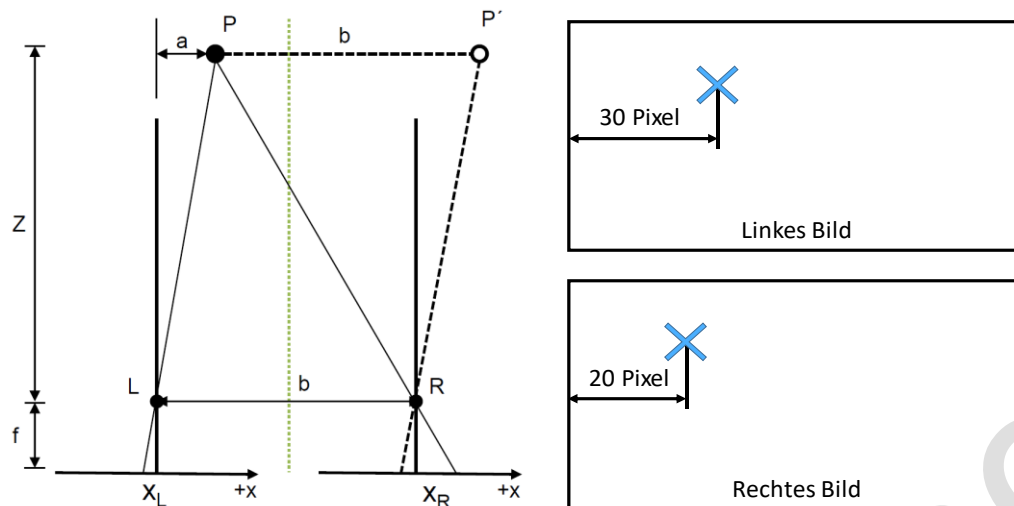
Modulationsart 1: Amplitudenmodulation

Modulationsart 2: Frequenzmodulation

Modulationsart 3: Phasenmodulation

3. Aufgabe: Sensorik II

- a) Bei der Stereoskopie wird anhand der Disparität die Entfernung eines Objekts bestimmt. Leiten Sie anhand der unten linksstehenden Skizze den formelmäßigen Zusammenhang zwischen Entfernung und Disparität her. Unten rechts sind die Bilder einer Stereokamera mit einer Basisweite von 100 mm, einer Brennweite von 500 Pixel und einer Auflösung von 640x480 Pixel. In den beiden Bildern ist mit einem Kreuz das identische Objekt markiert. Berechnen Sie die Entfernung des Objekts. (8 P)



Herleitung

$$\begin{aligned}\frac{a}{Z} &= \frac{-x_L}{f} \rightarrow a = \frac{-x_L}{f} Z \\ \frac{b-a}{Z} &= \frac{x_R}{f} \rightarrow a = b - \frac{x_R}{f} Z \\ \frac{-x_L}{f} Z &= b - \frac{x_R}{f} Z \rightarrow \frac{Z}{f} (-x_L + x_R) = b \\ Z &= \frac{bf}{(-x_L + x_R)} = -\frac{bf}{D}\end{aligned}$$

(5 P.)

Entfernungsberechnung

$$Z = -\frac{bf}{D} = \frac{100 \text{ mm} * 500 \text{ Pixel}}{10 \text{ Pixel}} = 5 \text{ m}$$

(3 P.)

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

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

$$D = B * P * N * F$$

D = Datenrate = 5 MiB/s

B = Anzahl der Pixel pro Bild = $b * h$

P = Anzahl der Bytes pro Pixel = 1 Byte (entspricht $2^8 = 256$ Helligkeitsstufen)

F = Einlesefrequenz = 25 1/s

N = Anzahl der Kameras = 2

$$B = h * b = \frac{D}{P * N * F}$$

$$\text{mit } \frac{b}{h} = \frac{16}{9} \rightarrow h = \frac{9}{16} b \rightarrow \frac{9}{16} b^2 = \frac{D}{P * N * F}$$

$$\rightarrow b = \sqrt{\frac{16}{9} \frac{D}{P * N * F}} = 431,76 \rightarrow \text{maximal 431 Pixel in horizontaler Richtung}$$

- c) Nennen Sie einen Sensortyp mit dem sich die Entfernung zu Objekten direkt messen lässt. Von welchem Prinzip macht dieser Sensortyp dafür Gebrauch? (2 P)

Sensortyp (nur einer gefragt): LIDAR, RADAR oder Ultraschall (1 P.)

Prinzip: Time of Flight (1 P.)

4. Aufgabe: Sensorik III

- a) Vielen Trackingmethoden liegt ein lineares Modell zugrunde, das die Übergänge zwischen den Systemzuständen beschreibt. Ergänzen Sie die Einträge der Systemübergangsmatrix in untenstehendem Modell für die Zustände Höhe z , Geschwindigkeit \dot{z} und Beschleunigung \ddot{z} einer sich auf der Erde im freien Fall befindlichen Masse. (3 P)

$$\begin{bmatrix} z_k \\ \dot{z}_k \\ \ddot{z}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta T & \frac{\Delta T^2}{2} \\ 0 & 1 & \Delta T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{k-1} \\ \dot{z}_{k-1} \\ \ddot{z}_{k-1} \end{bmatrix}$$

3x 1 P. für korrekte Zeile in Matrix.

- b) Bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 0 Metern pro Sekunde wird die Masse aus einer Höhe von 400 Metern fallen gelassen. Prädizieren Sie, unter Verwendung des Modells aus der vorhergehenden Aufgabe, den Zustand des Systems nach einer Sekunde. (4 P)

Hinweis: Die absolute Erdbeschleunigung beträgt $9,81 \frac{m}{s^2}$.

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ \dot{z}_1 \\ \ddot{z}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1s & 0,5s^2 \\ 0 & 1 & 1s \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 400m \\ 0 \frac{m}{s} \\ -9,81 \frac{m}{s^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 395,1m \\ -9,81 \frac{m}{s} \\ -9,81 \frac{m}{s^2} \end{bmatrix}$$

Korrekte Werte: 1,5 Punkte für z_1 , 1,5 Punkte für \dot{z}_1 , 1 Punkt für \ddot{z}_1
(je 0,5 P für korrektes Einsetzen in Matrixzeile, Vektoreintrag und Ergebnis)

- c) Das Höhenmessgerät, das an der Masse angebracht ist, liefert Ihnen zum selben Zeitpunkt eine Höhe von 396 Metern. Sie entschließen sich dazu die Zustände Ihres Systems mit einem Kalmanfilter zu schätzen. Assoziieren Sie dazu die Messung mit Ihrer Prädiktion aus der vorhergehenden Aufgabe. Führen Sie daraufhin die gewichtete Aktualisierung aller Zustände mit dem gegebenen Kalmanfaktor K_1 durch. (4 P)

$$K_1 = [0,90 \quad 0,80 \quad 0,85]^T$$

$$x_1(+) = x_1(-) + K_1 [z_1 - H_1 x_1(-)]$$

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ \dot{z}_1 \\ \ddot{z}_1 \end{bmatrix} (+) = \begin{bmatrix} 395,1m \\ -9,81 \frac{m}{s} \\ -9,81 \frac{m}{s^2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,90 \\ 0,80 \\ 0,85 \end{bmatrix} \left[396m - [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 395,1m \\ -9,81 \frac{m}{s} \\ -9,81 \frac{m}{s^2} \end{bmatrix} \right]$$

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ \dot{z}_1 \\ \ddot{z}_1 \end{bmatrix} (+) = \begin{bmatrix} 395,91m \\ -9,09 \frac{m}{s} \\ -9,04 \frac{m}{s^2} \end{bmatrix}$$

1 P. für korrekte Assoziation von Messwert und prädizierter Höhe
3 x 1 P. für korrekte Werte der Zustände nach gewichteter Aktualisierung
(bei falschen Ergebnissen ggf. 1 P. für korrekte Kalmanfilterformel)

- d) Nennen Sie eine Möglichkeit, wie Sie Ihr Systemmodell erweitern bzw. ändern würden, um die Qualität der Prädiktionen zu verbessern. (1 P)

bspw. Berücksichtigung von (nichtlinearen) Reibungsverlusten (in Abhängigkeit der Querschnittsfläche – würde Nutzung von Extended/Unscented KF erfordern)

1 P.

- e) Wofür steht das Akronym SLAM? Erklären Sie kurz das Prinzip von SLAM. (2 P)

Simultaneous Localisation and Mapping.

1 P.

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

1 P.

- f) Nennen Sie zwei Beispiele für Informationen, deren Austausch mittels V2X Nutzen verspricht. (2 P)

bspw. Fahrzeugzustand (CAM), Wahrnehmungsdaten (CPM), Trajektorien (MCM), Ampelschaltungszeiten, ... für zwei plausible Bsp. → 2P.

5. Aufgabe: Funktionslogik und Regelung

Sie sollen eine Funktion implementieren, welche einen automatisierten Spurwechsel auf Autobahnen ermöglicht. Hierfür müssen Sie Trajektorien planen, um diesen anschließend zu folgen. (14 P)

a.) Welche allgemeinen Anforderungen an eine Trajektorie haben Sie in der Vorlesung kennengelernt? Nennen Sie drei verschiedene Anforderungen. (3 P)

- Die Anfangsbedingungen müssen erfüllt werden
- Bedingungen für die Zustandsgrößen am Trajektorienende
- Die Trajektorie muss die Systemdifferentialgleichungen erfüllen (Glattheitsanforderungen an die Trajektorie)
- Einhaltung von Stellgrößen- und Systemzustandsbeschränkungen (maximale Querbeschleunigung, Längsbeschleunigung)

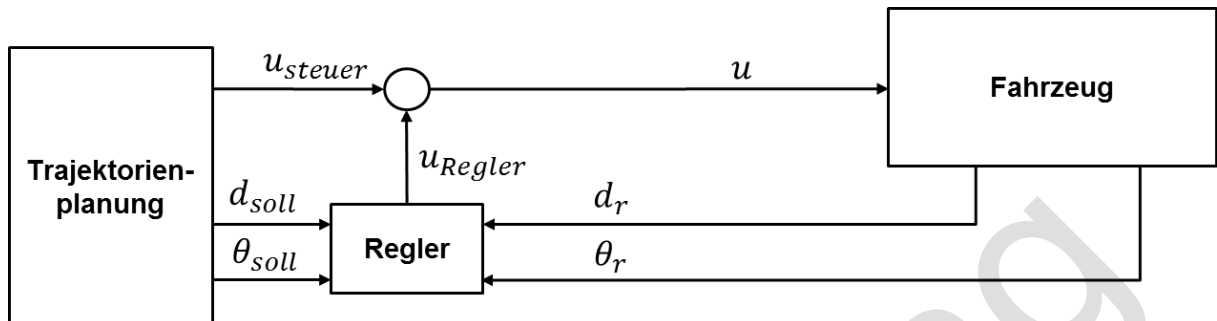
b.) Da die Rechenkapazität auf Ihrem Steuergerät beschränkt ist, müssen Sie den Aufwand zur Trajektorienberechnung reduzieren. Welche Möglichkeit bietet sich hierfür, aufgrund Ihres eingeschränkten Anwendungsfalles, an? (1 P)

- Wahl einer festen Grundform der Trajektorie

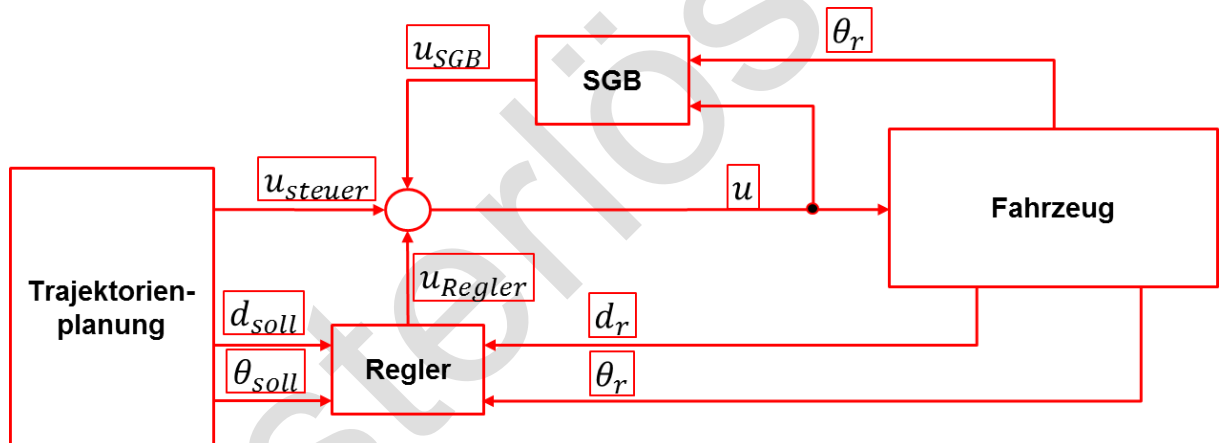
c.) Um der Trajektorie zu folgen, implementieren Sie im nächsten Schritt einen Regler. Bei Seitenwind oder hängender Fahrbahn hat Ihr Regler Probleme die Regelungsziele einzuhalten. Sie besitzen leider keinen Sensor mit dem Sie diese Störungen messen können. Nennen Sie eine Möglichkeit Störungen

trotzdem zu berücksichtigen. Ergänzen Sie diese Möglichkeit im Blockschaltbild. Achten Sie darauf alle Signale zu benennen. (5 P)

Möglichkeit Störungen zu berücksichtigen:



Blockschaltbild:



Störgrößenbeobachter (1 P), Blockschaltbild (4P)

d.) Ihre Änderungen erfordern die Verwendung eines Tiefpassfilters $Q(s)$. Die neue 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)

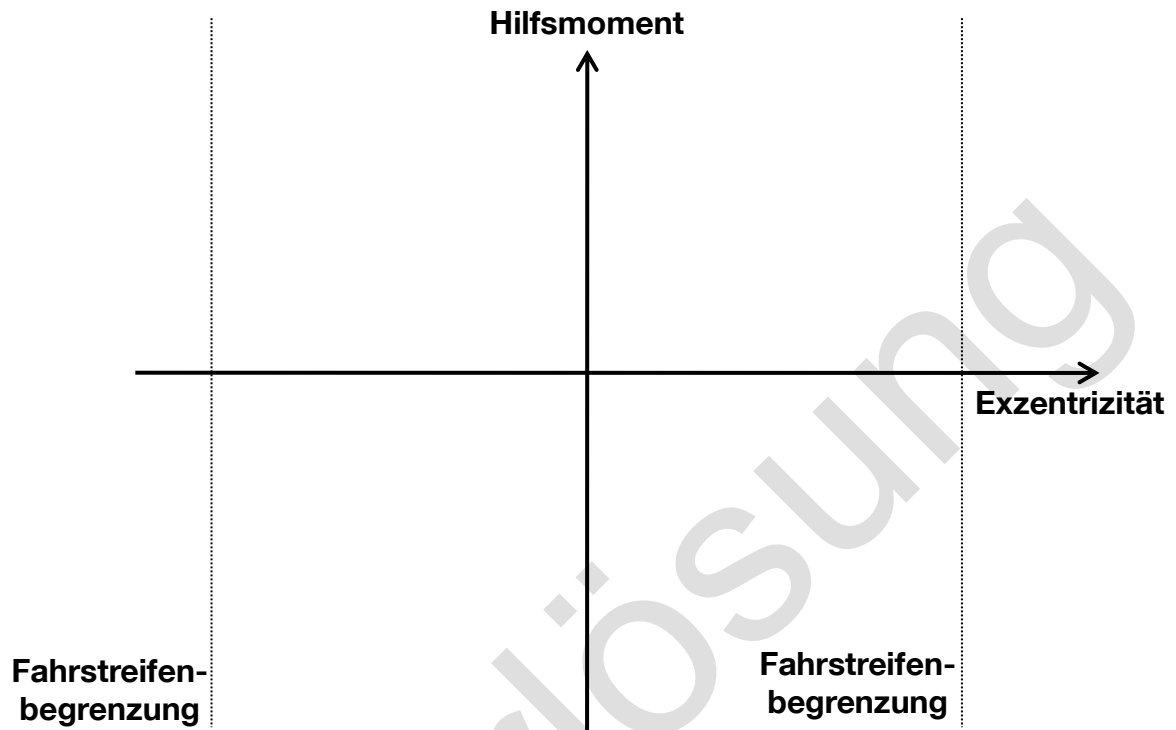
Lösung:

$$G_{u,y}(s) \approx \tilde{G}(s) \quad 1\text{P}$$

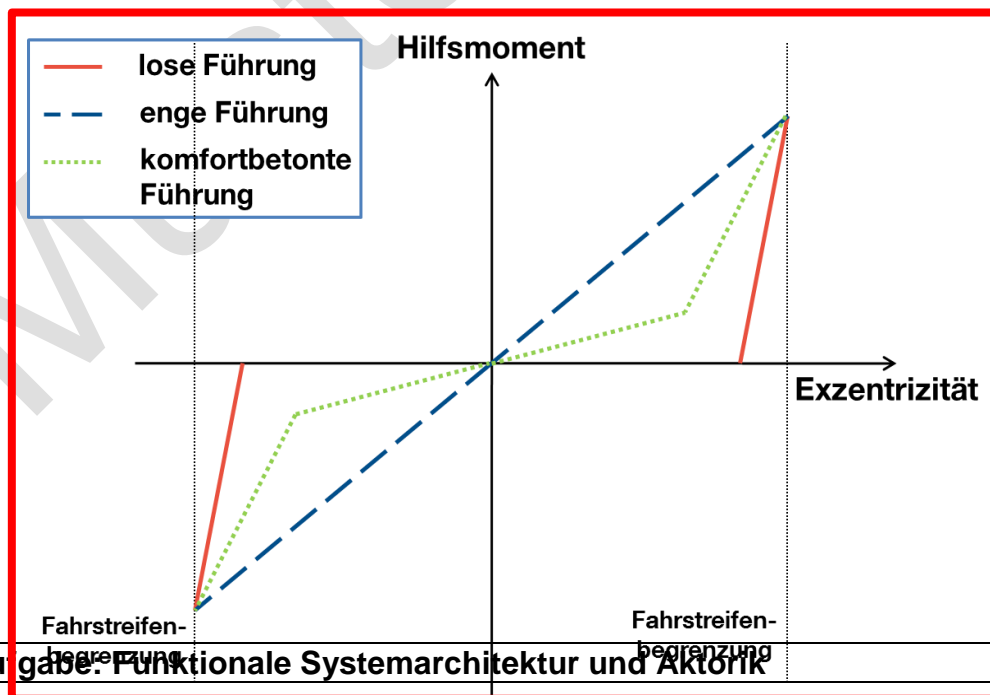
Bei **niedrigen Frequenzen** entspricht das Verhalten des geschlossenen Kreises dem Verhalten von $\tilde{G}(s)$. 1P

Musterlösung

- e.) Nach erfolgreichem Spurwechsel soll die neue Spur gehalten werden. In der Vorlesung haben Sie hierzu 3 Möglichkeiten kennengelernt ein Hilfsmoment aufzuprägen. Ergänzen und benennen Sie diese in folgender Grafik. (3 P)



Lösung:



- a) Ein Abstandsregeltempomat (ACC) ist eine Geschwindigkeitsregelanlage in Kraftfahrzeugen, die bei der Regelung den Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug als zusätzliche Rückführ- und Regelgröße einbezieht. Beschreiben Sie die mögliche Verhaltensgenerierung durch die Kernschritte der Funktionslogik. (7P: Je 1P. für korrekten Begriff + 1P. für korrekte Reihenfolge, Je 1P. für schlüssige Beschreibung)

Funktionslogik	Szenario – „ACC“
Situationsinterpretation	Relevantes Fahrzeug in Fahrschlauch
Verhaltensplanung	Möglichkeit der Regelung von Abstand <i>oder</i> Geschwindigkeit
Verhaltensentscheidung	Regelung auf Abstand -> Folgefahrt

- b) Im Rahmen der Vorlesung wurden zwei Klassen der Entscheidungsverfahren vorgestellt. Nennen Sie die beiden Klassen und geben Sie jeweils zwei Beispiele. (6 P)

- Diskrete Entscheidungsverfahren (1P):
 - Zustandsautomaten, Entscheidungsbäume (je 1P)
- Kontinuierliche Entscheidungsverfahren (1P):
 - Globale Optimierung, Predictive Risk Maps, Sampling, Neuronale Netze, Zielpunktauswahl (je 1P)

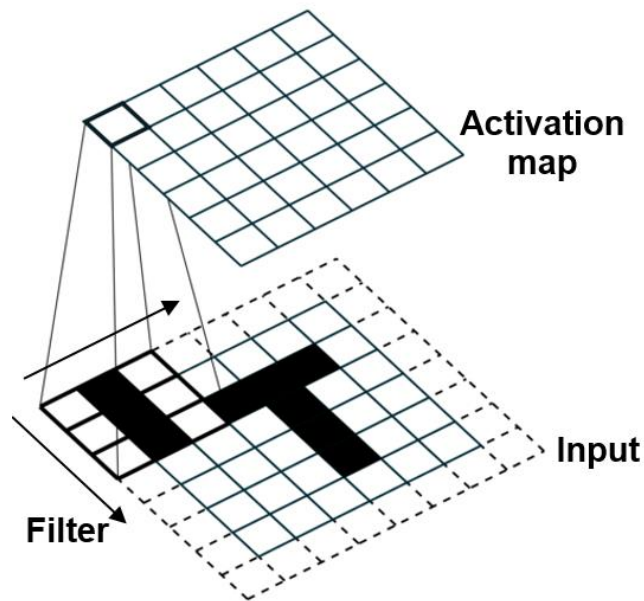
- c) Nennen Sie **drei** Möglichkeitstypen zur Risikominimierung von (Hardware-) Systemausfällen stehen zur Verfügung. (3P)

- Redundanz
- Diversität
- Mehrheitsentscheid

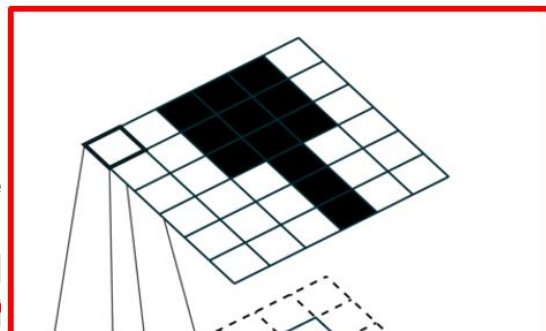
7. Aufgabe: Deep Learning

- a) Nehmen wir an, dass das folgende vereinfachte (und verkleinerte) Bild (T-shape) an die Eingangsebene des CNN-Netzwerks mit dem vordefinierte 3x3 Kernel (Stride=1 und zero-padding) gegeben ist. Zeichnen Sie eine qualitative Skizze der

resultierenden Activation Map. (5 P) (5P (für falsche Kästpunktchen kann man - 0.5P pro Fehler geben))



- b) Um die Anzahl der Parameter zu verringern, haben wir eine Pooling-Schicht eingeführt. Berechnen Sie die Output-Map (Stride=2). (2 P) (2P)



Während des Trainings zu einer Pooling-Schicht einzuführen. Berechnen Sie die Output-Map (Stride=2) der Größe 2x2 und die richtigen Werte (1P))

?

0.1	0.5	1.2	-0.7
0.8	-0.2	-1.5	0.3
0.4	0.9	-0.1	-0.2
-0.6	0.1	0.5	0.3

Max-Pool

0.8	1.2
0.9	0.5

- c) Optimierung ist ein zentraler Bestandteil des Maschinellen Lernens, die es ermöglicht, Modelle an Daten anzupassen und somit zu trainieren. Nennen Sie vier Optimierungsverfahren. (4 P) (4P, 1P pro Verfahren).

- Backpropagation
- Stochastic Gradient Decent
- Adaptive Gradient Decent
- Root Mean Square Propagation
- Adaptive moment estimation (Adam)

d) Was ist ein Dropout-Verfahren? Beschreiben Sie kurz, wann es verwendet wird und wie es funktioniert. (3 P) (3P. 1P Beschreibung und 2P Funktionalität)

Dropout ist eine Regularisierungsmethode, die in künstlichen neuronalen Netzen Anwendung findet und die Gefahr von Overfitting verringert.

Dabei wird beim Training des Netzwerks eine vorher spezifizierte Anzahl (etwa 30 %) von Neuronen in jedem Layer des Netzwerks ausgeschaltet ("dropout") und für den kommenden Berechnungsschritt nicht berücksichtigt.

8. Fahraufgabe und Mensch-Maschine-Schnittstelle

Ergänzen Sie folgende Darstellung zur Unterteilung der Fahraufgabe (4,5 P).

Aufgabenebene	Definition	Beispiele
Primäre Aufgabe	Halten des Fahrzeugs auf Kurs	<ul style="list-style-type: none"> • Navigation • Führung • Stabilisierung
Sekundäre Aufgabe	Tätigkeiten in Abhängigkeit von Fahranforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Aktion (Blinken, Hupen) • Reaktion (Abblenden, Wischen)
Tertiäre Aufgabe	Tätigkeiten, die nicht mit dem Fahren zu tun haben.	<ul style="list-style-type: none"> • Komfort: Klimaanlage, Radio, Sitzeinstellung • Kommunikation: Internet, Telefon, Radio, etc.

9. Kompatibilität

- a.) Definieren Sie den Begriff „primäre Kompatibilität“, gehen Sie auch auf dessen Untergliederung ein. (3 P).

Die primäre Kompatibilität bezieht sich auf die Sinnfälligkeit von Informationen bezogen auf Wirklichkeit, Anzeigen, Stellteile und innere Modelle

- Innere: Bewegungsrichtung stimmen mit unseren inneren Modellen (Erwartungen) überein
- Äußere: Bewegungsrichtung von Stellteilen und Anzeigen stimmen mit der Umwelt, anderen Stellteilen und Anzeigen überein

- b.) Entwerfen Sie unter Berücksichtigung der Kompatibilitätskonzepte für die Funktion „Zeitlücke verstellen“ eines Abstandsregeltempomaten (ACC) ein Anzeige-Bedienkonzept. Nutzen Sie den unten dargestellten Bedienhebel mit den eingezeichneten Bedienmöglichkeiten. (4P)

Bedienkonzept:

7: Abstand zum Vorfahrenden Fahrzeug erhöhen

8: Abstand zum Vorfahrenden Fahrzeug verringern



Anzeigeconcept im Kombi-Instrument:



10.Aufgabe: Folgen durch FAS/Automation

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

Wissens-, regel- und fertigkeitsbasiertes Verhalten. (je 0,5P) /

Skills, rules, knowledge based behavior

b) Erläutern Sie, weshalb laut Bainbridge die Wichtigkeit des Menschen in einem System mit der Zuverlässigkeit der Automatisierung steigt. (2 P)

Weil der Mensch die zur Benutzung des Systems erforderlichen Fertigkeiten dank Automation **nicht mehr oft anwendet**, verlernt er sie und hat sie sowie das **notwendige Wissen in Notsituationen nicht parat**. Je besser ein automatisches System funktioniert, desto besser müssen die Bediener für Übernahme-situationen ausgebildet und trainiert sein.

c) Erläutern Sie den Begriff Mode Confusion. (1 P)

Der Nutzer verliert die Übersicht, in welchem Modus sich die Maschine gerade befindet (Sarter & Woods, 1995).

- d) Erläutern Sie eine mögliche Folge von Mode Confusion im Zusammenhang mit Fahrerassistenzsystemen. (2 P)

Wenn der Nutzer das Wissen über Fähigkeiten und Grenzen eines Systems (bspw. ACC) dem aktuellen Modus nicht korrekt zuordnen kann, führt dies evtl. zu Fehlbenutzung mit entsprechenden Unfallrisiken. Wird bspw. ACC und Level 2 Assistenz verwechselt, lenkt der Nutzer z.B. nicht.

11. 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:

Der zu analysierende Autobahnassistent ist ein radargestütztes System, das durch automatische Aktivierung von Gas- und Bremse die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf eine eingestellte Sollgeschwindigkeit innerhalb der Systemgrenzen regelt.

Bei Erkennung eines Vorderfahrzeugs regelt das System einen einstellbaren Abstand zu dem Vorderfahrzeug ein. Das System kann maximal mit $1,2 \text{ m/s}^2$ beschleunigen und Verzögerungen bis zu 5 m/s^2 automatisiert durchführen.

Wenn diese Verzögerung nicht reicht, um den gewünschten Abstand zum Vorderfahrzeug einzustellen, erklingt eine deutlich wahrnehmbare akustische Warnung, um den Fahrer zur Übernahme aufzufordern. Eine aktive Querführungsassistenz wird in dieser Aufgabe zu den ASIL-Sicherheitsanforderungen nicht angenommen.

Fehlerbilder:

1. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit 190 km/h einem anderen, mit 100 km/h vorausfahrenden Fahrzeug. Anstatt einer geregelten automatischen Verzögerung mit maximal 5 m/s^2 blockieren unerwartet beide Hinterräder. Durch die Blockierbremsung der Hinterräder wird das Ego-Fahrzeug aus dem eigenen Fahrstreifen abgelenkt.
2. **Unerwartete Verzögerung:** Das Ego-Fahrzeug fährt geregelt in einer Kolonne und verzögert für den Fahrer unerwartet mit 1 m/s^2 . Ohne Eingriff des Fahrers droht innerhalb von 6 Sekunden eine Kollision.

Unfallsschwere (Severity)

	Injury Description	Class
AIS 0	no injuries	S0
AIS 1	light injuries such as skin-deep wounds, muscle pains, whiplash, etc.	S1
AIS 2	moderate injuries such as deep flesh wounds, concussion with up to 15 minutes of unconsciousness, uncomplicated long bone fractures, uncomplicated rib fractures, etc.	S1
AIS 3	severe but not life-threatening injuries such as skull fractures without brain injury, spinal dislocations below the fourth cervical vertebra without damage to the spinal cord, more than one fractured rib without paradoxical breathing, etc.	S2
AIS 4	severe injuries (life-threatening, survival probable) such as concussion with or without skull fractures with up to 12 hours of unconsciousness, paradoxical breathing	S2
AIS 5	critical injuries (life-threatening, survival uncertain) such as spinal fractures below the fourth cervical vertebra with damage to the spinal cord, intestinal tears, cardiac tears, more than 12 hours of unconsciousness including intracranial bleeding	S3
AIS 6	extremely critical or fatal injuries such as fractures of the cervical vertebrae above the third cervical vertebra with damage to the spinal cord, extremely critical open wounds of body cavities (thoracic and abdominal cavities), etc.	S3

a.) Tragen Sie die Severity (S) für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (je 0,5 P. insgesamt 1 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (0,5 P. für beide richtigen Antworten)
1. Blockierbremsung	S3
2. Verzögerung	S0

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	C3	Beispiele: - -> schwer kontrollierbar (190 km/h) - Normalfahrer unkontrollierbar
2. Verzögerung	C1	Beispiele: - Aufmerksamer Fahrer - Reaktionszeit ausreichend (6 s)

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, 1 P. Einheit)

$10^{-8} [h^{-1}]$

- d.) Geben Sie die Formel für die Auftretensfrequenz des Gefahrenereignisses mit den Faktoren der Ausfallrate des Systems und der Auftretenswahrscheinlichkeit der Fahrsituation an: (1 P. Faktoren, 0,5 P: für korrekte Formel)

$$f = \lambda \cdot E$$

- e.) Welche Methoden schlägt der ADAS Code of Practice neben der ISO 26262 für die Sicherheitsanalyse vor? (2 P. für Abkürzungen, 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 26262-3:2018
(Teil 3 Konzeptphase, Seite 26, Tabelle B.4)

- g.) Wozu dient das Dokumentationsblatt im ADAS Code of Practice? (1 P.)
Ist das Dokumentationsblatt verpflichtend auszufüllen? (1 P.)

- Es belegt die Anwendung des ADAS Code of Practice und die Verwendungssicherheit der neuen Entwicklung
- Es handelt sich um eine 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)
Fahrsimulator-test
Fahrtest

12. Aufgabe: Entwicklungsprozess und Funktionale Sicherheit

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)

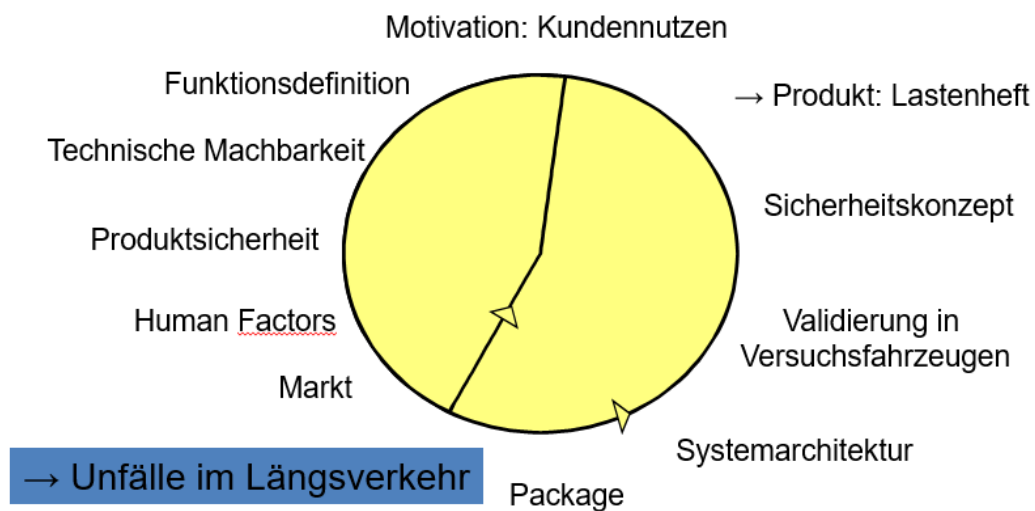
Lösung:

0,5 P je richtiger Schritt-Nennung (5,5 P insgesamt, Zwischenergebnis gibt keinen P)

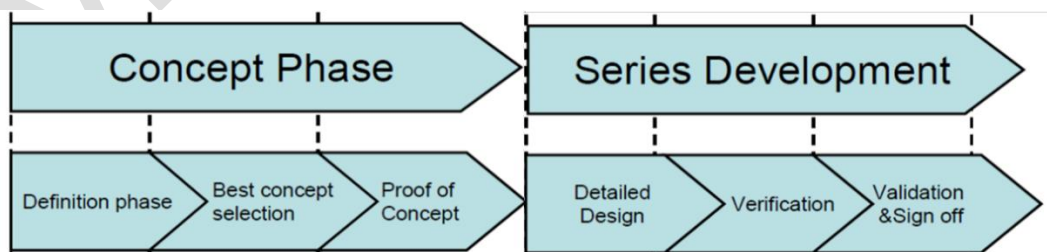
0,5 P Darstellung der zwei Iterationsschleifen (wird in Aufgabe b explizit abgefragt)

2 P auf sinnvolle Reihenfolge:

- richtige Zuordnung zu 1. Und 2. Schleife
- 1. Schleife: Motivation, dann Funktionsdefinition als erste
- 2. Schleife: Systemarchitektur vor Validierung und Sicherheitskonzept



b.) Ordnen Sie das Vorgehen aus Aufgabe a) in den Produktentwicklungsprozess ein. Verwenden Sie dazu folgende Abbildung. (1 P)



1P bei korrekter Zuordnung zur Konzeptphase

- c.) In der Vorlesung wurden drei Normen behandelt, welche die Sicherheit im Automotive Bereich adressieren. Nennen Sie diese und zeigen Sie die Unterschiede anhand der Ziele der Normen auf. (6 P)

Norm	Functional Safety ISO 26262	SOTIF ISO/PAS 21448	Cyber Security ISO/SAE 21434 oder SAE J3061
Ziel	Vermeiden von Gefahren welche durch das Versagen von E/E Systemen entstehen.	Vermeiden von Gefahren welche durch bei bestimmungsgemäßen Gebrauch oder zu erwartendem Fehlgebrauch auftreten.	Vermeiden von Gefahren welche durch Cyber Angriffe entstehen.

Je 1 P (ISO Nr. oder ausführlicher Name ausreichend)

13.Aufgabe: Analyse und Bewertung

- a) Nennen Sie zwei in der Vorlesung genannte Methoden zur Bewertung aktiver Sicherheit (je 1 P) und nennen Sie jeweils ein Vor- und Nachteil der Methode (je 0,5 P). (4 P)

Bewertung mit...	Vorteil	Nachteil
Versuchen	<ul style="list-style-type: none"> Sehr detaillierte Modellierung möglich, Test realer Systeme, auch während Entwicklungsprozess möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Keine statistisch repräsentative Aussage bezüglich realem Unfallgeschehen
Simulation	<ul style="list-style-type: none"> Sehr detaillierte Modellierung möglich Test realer Systeme, auch während des Entwicklungsprozesses Kein Fahrermodell notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> Fahrsimulation bildet reales Geschehen nur bedingt ab Keine statistisch repräsentative Aussage bezüglich realem Unfallgeschehen

b) Nennen Sie die in der Vorlesung genannte Skala, anhand welcher der Verletzungsschweregrad definiert wird. (3 P)

Name der Skala (ausgeschrieben) (2 P)

Abbreviated Injury Scale (AIS)

Anzahl der Stufen (1 P)

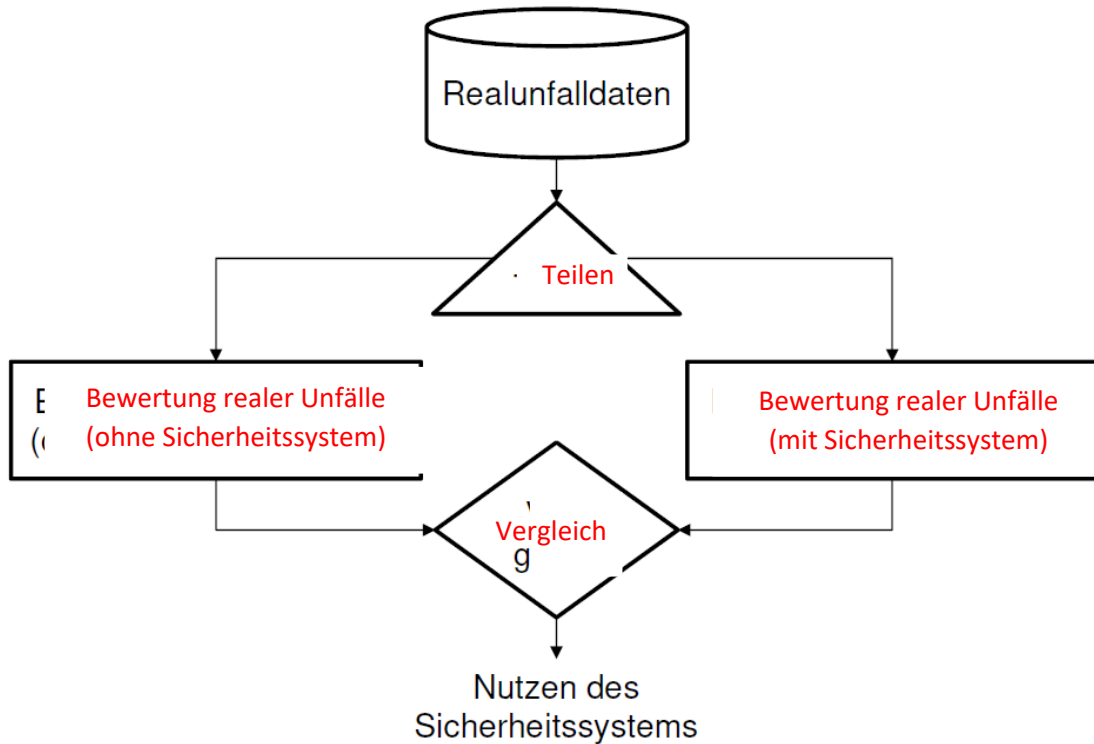
0 9

_____ bis _____

Musterlösung

14. Aufgabe: Analyse und Bewertung

- a) Vervollständigen Sie das Schaubild, welches das Vorgehen bei der retrospektiven Feldbewertung veranschaulicht (je 1 P). (4 P)



- b) Im Rahmen der prospektiven Bewertungsmethodik wird zwischen den Begriffen „Wirkungsfeld“ und „Wirkungsgrad“ unterschieden. Vervollständigen Sie die Formeln, anhand welcher die beiden Größen ermittelt werden (je 1P). (4 P)

$$\text{Wirkungsfeld} = \frac{\text{Unfälle mit möglicher Systemwirkung}}{\text{alle Unfälle}}$$

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{vermiedene Unfälle}}{\text{Unfälle mit möglicher Systemwirkung}}$$

15. Aufgabe: Aktuelle Systeme

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

System	Beschreibung (je 1 P)
FVC-Conditioning	Bei drohendem Unfall werden Systeme so konditioniert, dass sie ihre Wirkung schneller entfachen: z.B. Dämpferverstellung
FVC-Warning	System, dass den Fahrer akustisch, haptisch oder optisch vor einer drohenden Frontkollision warnt
FVC-Mitigation	System, dass die Kollision vermindert: z.B. Teilbremsung oder Gurtstraffer
FVC-Avoidance	System, dass bis zur Notbremsung versucht, den Auffahrunfall zu vermeiden

16. Aufgabe: Aktuelle Systeme

- a) Sie sind Entwicklungsingenieur eines FAS Systems, welches sowohl die Quer- als auch Längsführung bei Geschwindigkeiten bis 130 km/h übernehmen soll. Beim Erreichen einer Systemgrenze (z. B. höhere Geschwindigkeiten, Nebel) hat der Fahrer 8 Sekunden Zeit, um die Kontrolle zu übernehmen. Geben Sie den Automatisierungsgrad dieses Systems nach SAE mit Angabe der Stufe und des Namens an (je 1 P) und begründen Sie Ihre Wahl basierend auf der SAE Definition (2 P). (4 P)

Stufe (1 P)	Name (1 P)	Begründung (2 P)
3	Conditional (Driving) Automation	Fahrer ist weiterhin Rückfallebene Fahrzeug übernimmt Quer- und Längsführung bis zum Erreichen der Systemgrenzen

- b) Ihr Vorgesetzter fragt Sie, ob das in Teilaufgabe a) genannte System nicht auch bis 180 km/h eingesetzt werden könnte. Wie viel Meter vor dem Erreichen einer Systemgrenze muss das System den Fahrer spätestens zur Übernahme auffordern, um eine Kollision zu vermeiden? Nehmen Sie eine Fahrzeuggeschwindigkeit von 180 km/h, eine Reaktionszeit von einer Sekunde und einen Notbremsweg von 160m an. (4 P)

$$180 \text{ km/h} = 50 \text{ m/s}$$

$$\text{Formel: } t \cdot v = s \text{ (1 P.)}$$

$$(8 \text{ s} \times 50 \text{ m/s}) + (1 \text{ s} \times 50 \text{ m/s}) + 160 \text{ m} = \mathbf{610 \text{ m}}$$

$$400 \text{ m} + 50 \text{ m} + 160 \text{ m} = \mathbf{610 \text{ m}}$$

(Teilergebnisse und Endergebnis je 1 Punkt)

- c) Empfehlen Sie Ihrem Vorgesetzten die Erhöhung des Einsatzbereichs des Assistenzsystems auf 180 km/h oder raten Sie davon ab? (1 P) Begründen Sie Ihre Entscheidung (1 P). (2 P)

Nein (1 P.)

610m nicht absicherbar durch limitierte Reichweite der aktuellen Sensorik
(1 P.)