

1. Aufgabe: Einführung

- a) Im Folgenden sind verschiedene Fahrerassistenzsysteme beschrieben. Geben Sie das Automatisierungslevel dieser Systeme (nach SAE J3016) an und begründen Sie warum nur dieses Level möglich ist. (9 P)

System 1: Das System unterstützt Sie beim Spurwechsel. In den Außenspiegeln ist eine LED verbaut. Diese leuchtet sobald sich ein anderes Fahrzeug neben Ihnen befindet. Sollten Sie dennoch einen Spurwechsel initiieren, ertönt ein Warnton.

Level:
0 (1P)

Begründung:

Keine Automatisierung, nur warnend. Der Fahrer muss weiterhin Längs und Querführung übernehmen. (2P)

System 2: Das System funktioniert nur auf Autobahnen und im Stau. Wenn das System aktiviert ist, können Sie die Hände vom Lenkrad nehmen. Das System übernimmt Quer- und Längsführung. Sie müssen jedoch jederzeit den Verkehr überwachen und eingreifen können.

Level:
2 (1P)

Begründung:

System übernimmt Quer UND Längsführung (> L1) jedoch muss der Fahrer das System weiterhin durchgehend überwachen (< L3) (2P)

System 3: Das System funktioniert nur auf Autobahnen bis 80 km/h. Wenn das System aktiviert ist, können Sie die Hände vom Lenkrad nehmen. Das System übernimmt Quer- und Längsführung. Sie dürfen nicht schlafen, können jedoch bspw. Ihre Emails lesen. Gelegentlich, z.B. bei Baustellen, fordert das System Sie auf, das Steuer zu übernehmen.

Level:
3 (1P)

Begründung:

System übernimmt Quer UND Längsführung (> L1) der Fahrer muss das System nicht durchgehend überwachen (> L2), dient jedoch weiterhin als Rückfallebene. (< L4) (2P)

- b) In Zusammenhang mit automatisierten Fahrzeugen hören Sie häufiger die Abkürzung ODD. Für welchen englischen Ausdruck steht ODD? Beschreiben Sie kurz was mit ODD gemeint ist. Was können Sie über die ODD von System 2 und System 3 aus Aufgabe 1 a) sagen. (5 P)

ODD Ausgeschrieben	Operational Design Domain (1 P)
ODD Beschreibung	Betriebsbedingungen, für die ein bestimmtes FAS entwickelt wurde. (2 P)
ODD System 2	Nur auf Autobahnen UND im Stau (1P)
ODD System 3	Nur auf Autobahnen bis 80 km/h (1P) Nicht in Baustellen

2. Aufgabe: Sensorik II

- a) Bei Fahrerassistenzsystemen wird zwischen aktiven und passiven Sensoren unterschieden. Erklären Sie den Unterschied zwischen diesen beiden Prinzipien und ordnen Sie die untenstehenden Sensoren den korrekten Gruppen zu. (4 P)

Unterschied aktiv / passiv		
Aktive Sensoren senden im Unterschied zu passiven Sensoren modulierte Strahlung aus. (2 P.) → wenn „moduliert“ fehlt nur 1 P.		
	aktiv	passiv
Ultraschall	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIDAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kamera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RADAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- b) Mithilfe eines Ultraschallsensors soll eine Parkhilfeassistent realisiert werden. Hierzu werden zuerst einige Informationen zu benötigt. Bitte geben Sie an, mit welchem Effekt der Ultraschallsensor Schall aussendet und erklären Sie die zugrunde liegenden Prinzipien in einem Satz (2 P)

Zugrundeliegender Effekt zur Schallaussendung:
Piezoelektrischer Effekt (1P)
Zugrundeliegender Prinzipien:
Aufgrund einer anliegenden Spannung deformiert sich der piezoelektrische Werkstoff (proportional) zur Spannung. (1P)

- c) Es soll nun mithilfe eines Ultraschallsensors die Distanz zwischen Sensor und einem Objekt bestimmt werden. Geben Sie hierzu die relevante Gleichung an und benennen Sie die einzelnen Variablen kurz. (3 P)

$$r = \frac{1}{2} \cdot c_s \cdot t_{\text{tof}} \quad (1.5P)$$

r = Abstand zwischen Sensor und Objekt (0.5P)

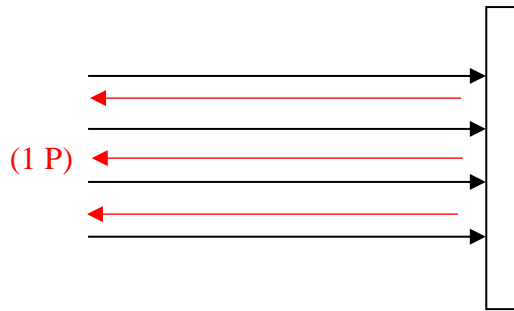
c_s = Schallgeschwindigkeit (0.5P)

t_{tof} = Time of Flight Laufzeit (0.5P)

- d) Elektromagnetische Strahlung wird von den Objekten reflektiert. Dies ermöglicht, dass Objekte in den Sensoren sichtbar sind. In welche drei Kategorien der Reflektion kann man unterscheiden? Benenne diese kurz und zeichne diese exemplarisch in die unten dargestellten Abbildungen ein. Beachten Sie, dass bei Bedarf eine Anpassung der Objektoberfläche in den Abbildungen zur korrekten Darstellung der Reflektionseigenschaften notwendig ist. (5 P)

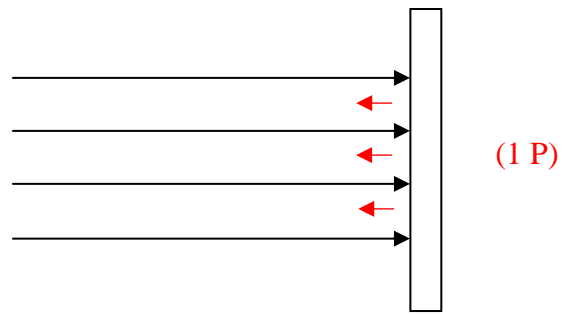
Reflektionskategorie:

Gerichtete Reflektion (0.5 P)



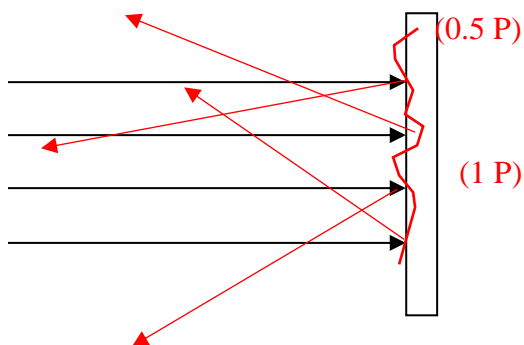
Reflektionskategorie:

Absorption / Schlechte Reflektion (0.5 P)



Reflektionskategorie:

Diffuse Reflektion (0.5 P)



3. Aufgabe: Sensorik II

- a) Zur Detektion von Kanten in Bildern kann der Laplace-Filter verwendet werden. Füllen Sie die untenstehende Filtermaske für den 45° Laplace-Filter aus und berechnen Sie den Wert der markierten Zelle. Markieren Sie zudem in der Bildmatrix, welche Einträge zur Berechnung verwendet werden. (4 P)

5	9	1	0	3	7	4	0	5	9
8	4	5	3	4	7	1	7	6	1
3	7	9	5	1	3	2	1	4	3
7	2	0	6	9	7	4	9	8	7
2	9	6	8	3	8	0	4	3	4
9	6	4	2	7	9	2	2	5	9
8	2	6	4	3	8	9	7	1	2
6	0	5	3	8	5	7	1	9	0
5	3	7	3	0	8	3	8	6	2
2	6	2	4	7	0	9	1	4	5

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & -8 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} =$$

- b) Was ist ein Vorteil und ein Nachteil eines Laplace Filters gegenüber eines Sobolfilters? (2 P)

Vorteil: Sowohl vertikale als auch horizontale Kantendetektion

Nachteil: Rauschempfindlich

- c) Nennen Sie die 5 Schritte der Mustererkennung. (2.5 P)

Vorverarbeitung, Segmentierung, Merkmalsextraktion, Klassifikation und Tracking

- d) Geben Sie die Formel an, mit der aus einem verrauschten Bild mit Filter das Originalbild berechnet werden kann. Benennen Sie die Variablen kurz (3.5 P)

Inverse Formel von Folie 54 Sensorik II: (1.5 P, 0.5P wenn Formel von Folie 54 übernommen und nicht invertiert)

$$B = \text{Filter}^{-1}(B_F - \eta)$$

B = Originalbild (0.5P jeweils)

Filter = Filter durch Verarbeitungsschritte (e.g. Kompression, Übertragung, interne Kameraverarbeitung)

B_F = Verrauschtes Bild mit Filter

η = additives Rauschen

- e) Es sollen Vorhersagen eines Modells zur Stoppschilderkennung hinsichtlich ihrer Erkennungsrate und Genauigkeit untersucht werden. Geben Sie hierzu zuerst die Formeln der Erkennungsrate und der Genauigkeit an, und berechnen Sie diese für die gegebenen Werte. (2 P)

Objekt	Modell-Klassifikation	Korrekte Klassifikation
1	Ist Stoppschild	Ist Kein Stoppschild
2	Ist Kein Stoppschild	Ist Kein Stoppschild
3	Ist Stoppschild	Ist Kein Stoppschild
4	Ist Kein Stoppschild	Ist Stoppschild
5	Ist Stoppschild	Ist Stoppschild

Erkennungsrate: $\frac{TP}{TP+FP}$ (0.5P)

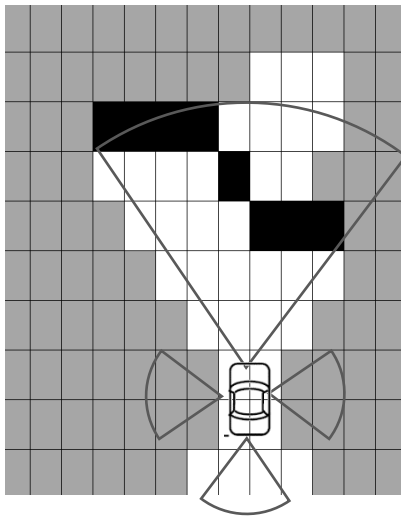
Genauigkeit: $\frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}$ (0.5P)

Erkennungsrate des Modells anhand der Werte: 1/3

Genauigkeit des Modells anhand der Werte: 2/5

4. Aufgabe: Sensorik III

- a) Gegeben ist die folgende Belegungskarte. Hierbei zeigen die unterschiedlichen Graustufen die Belegungswahrscheinlichkeit an. Weiße Felder stellen freie Raumteile dar, graue Felder eine unbekannte Belegung. Schwarze Felder stellen ein Hindernis dar, hinter das die Fahrzeugsensoren nicht schauen können. Bewerten Sie die Belegungskarte bezüglich Ihrer Korrektheit in Bezug auf alle eingezeichneten Fahrzeugsensoren und begründen Sie kurz identifizierte Fehler in der Belegungskarte. Nehmen Sie ideale Sensoren und Umgebungsbedingungen an. (3 P)



Die Belegungskarte kann nicht korrekt sein (1P)

Fehler 1: Hinter dem Hindernis sind Felder mit geringer Belegungswahrscheinlichkeit, obwohl hier von den Sensoren keine Aussage getroffen werden kann. (1P)

Fehler 2: Die Linken und Rechten Sensoren wurden nicht in der Darstellung Berücksichtigt. (1P)

Auch 3 Punkte wenn alle Fehler erkannt wurde.
Die drei weißen Felder ganz oben als Fehler weil nicht in der Reichweite (1P)

Anmerkung für spätere Prüfungen: ein weißes/schwarzes Feld außerhalb der Reichweite legen und für die 3 Fehler 3 Punkte

- b) Mithilfe des SLAM-Algorithmus kann sich ein Fahrerassistenzsystem mithilfe der zur Verfügung stehenden Sensorik wie dem LiDAR oder RADAR lokalisieren. Wofür steht Abkürzung SLAM? Was nutzt SLAM, um die Eigenposition des Fahrzeuges mittels Sensordaten zu schätzen? (1.5 P)

SLAM = Simultaneous Localization and Mapping (0.5P)

Landmarken, die in einer Karte gespeichert werden. (Folie 32 Sensorik III) (1P)

- c) Eine weitere Möglichkeit der Lokalisierung stellt das GNSS dar. Wofür steht die Abkürzung GNSS? Nenne Sie zudem kurz, wie viele Satelliten man in der Praxis zur eindeutigen Positionsbestimmung benötigt und erklären Sie kurz, wieso diese Anzahl von der Anzahl an Satelliten in idealen Umständen abweicht. (2.5 P)

GNSS = Globales Navigationssatellitensystem (0.5P)

In der Praxis werden 4 Satelliten benötigt (Folie 47 Sensorik III) (1P). Dies weicht von den 3 Satelliten bei idealen Umständen ab, um den Gangunterschied in den Uhren der Satelliten mit zu berücksichtigen (Ideal wäre, dass die Uhren in den exakt übereinstimmen) (1P)

Im Folgenden soll nun ein zeitliches Tracking von Detektionen erfolgen. Dabei soll ein Kalmanfilter verwendet. Zuerst müssen hierzu aber ein paar Verständnisfragen geklärt werden.

- d) Nennen Sie die drei grundsätzlichen Schritte des Trackings und verdeutlichen Sie den Zusammenhang dieser Schritte durch das Verbinden der einzelnen Schritte mit Pfeilen? (2 P)



Pro Fehler -0,5 P

- e) Zur Abstandsschätzung zu einem hinterher fahrenden Fahrzeuges kann mithilfe der Relativgeschwindigkeit v_{rel} und einer initialen Distanz d_0 unter Annahme einer konstanten Relativgeschwindigkeit ein Zustandsraummodell formuliert werden. Hierbei liegt die folgende Annahme zugrunde: $d_1 = d_0 - v_{rel,0} \cdot \Delta T$. Vervollständigen Sie das Zustandsraummodell. (2 P)

$$\begin{bmatrix} d \\ v_{rel} \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}_{k-1}$$

$$\begin{bmatrix} d \\ v_{rel} \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & -\Delta T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d \\ v_{rel} \end{bmatrix}_{k-1}$$

0.5 P für Matrixeinträge 1,0 und 1; 0.5 P für das Ausfüllen von des Vektors, 0.5 P für das Eintragen von ΔT und 0.5P für das korrekte Vorzeichen - ΔT

- f) Gegeben ist nun eine initiale Distanz von $d_0 = 45\text{m}$ und eine initiale Relativgeschwindigkeit von $v_{rel,0} = 0.1\text{m/s}$. Das Zeitinkrement ΔT beträgt 2 Minuten. Geben Sie den Initialen Zustandsvektor $\hat{x}_0(+)$ an und berechnen Sie den nächsten prädierten Zustandvektor $\hat{x}_1(-)$. (2 P)

$$\hat{x}_0(+) = \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$$

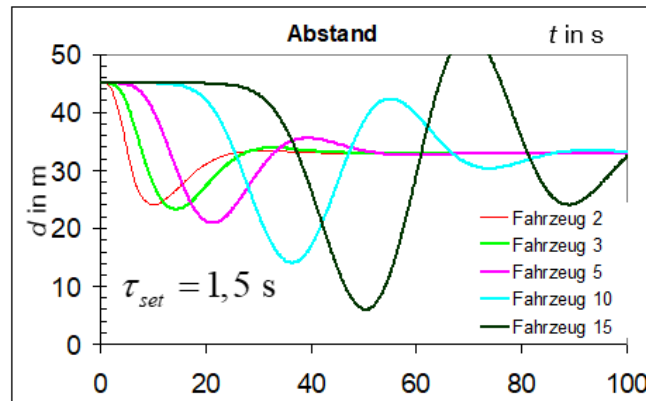
$$\hat{x}_1(-) = \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$$

$$\hat{x}_0(+) = \begin{bmatrix} 45 \\ 0.1 \end{bmatrix}, \quad \hat{x}_1(-) = \begin{bmatrix} 1 & -120 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 45 \\ 0.1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 33 \\ 0.1 \end{bmatrix}$$

0.5 P 1P 0.5P

5. Aufgabe: Funktionslogik und Regelung

- a) Sie haben ein neuartiges ACC-System entwickelt und ausgiebig auf Stabilität und Robustheit getestet. Kurz vor den ersten Versuchen im realen Fahrzeug, simulieren Sie mehrere ACC-Fahrzeuge die hintereinander fahren. In folgender Abbildung ist der Abstand d jedes Fahrzeugs zu seinem Vorderfahrzeug dargestellt. (3 P)



Welches Phänomen aus der Vorlesung können Sie hier beobachten? (1 P)

Die Fahrzeugkolonne ist instabil

Beurteilen Sie die Stabilität von Fahrzeug 10? (1 P)

Fahrzeug 10 ist stabil, die Amplitude jedes Fahrzeugs klingt ab. Lediglich die Kolonne schwingt sich auf.

Nennen Sie eine Bedingung für die Verstärkungsfunktion $|V(\omega)|$, sodass das gezeigte Phänomen nicht mehr auftritt. (1 P)

$$|V(\omega)| = \left| \frac{A_{i+1}(\omega)}{A_i(\omega)} \right| \leq 1$$

- b) Bei der Umsetzung stellen Sie fest, dass ihr Lenkwinkelsensor, welchen Sie für die Zielobjektauswahl benötigen ein starkes Rauschen aufweist. In der Vorlesung haben Sie den Tiefpassfilter kennengelernt, welcher das Problem beheben könnte. Geben Sie zunächst die allgemeine Übertragungsfunktion von $Q(s)$ an. Berechnen Sie anschließend die Zeitkonstante Ihres Tiefpassfilters für eine Eckfrequenz von 80 Hz. (3 P)

Übertragungsfunktion:	$Q(s) = \frac{1}{1+s\tau_Q}$ (1P.)
Berechnung der Zeitkonstante:	$f_Q = 80 \text{ Hz} \rightarrow \omega_Q = 2\pi f_Q \rightarrow \tau_Q = \frac{1}{\omega_Q} \approx 2 \text{ msec}$ (2 P.)

c) Was können Sie durch die Wahl der Eckfrequenz einstellen? (2 P)

Frequenzen oberhalb der Eckfrequenz werden in ihrer Amplitude abgeschwächt während Frequenzen unterhalb der Eckfrequenz nicht beeinflusst werden.

d) Sie bemerken, dass durch den Tiefpassfilter ihr System zu viel Latenz hat. Glücklicherweise haben Sie in der Vorlesung Alternativen kennengelernt, wie die aktuelle Krümmung Ihrer Trajektorie auch mit anderen Sensoren berechnet werden kann. Geben Sie zwei mögliche Sensoren an. Geben Sie für jeden Sensor an, wie die Krümmung damit berechnet werden kann (Formel). Nennen Sie jeweils einen Nachteil und einen Vorteil gegenüber dem initialen Ansatz mit Lenkwinkel. (8 P.)

Option 1:

Sensor:	Beschleunigungssensor, IMU, etc.
$\kappa \cong$	$\frac{a_y}{v_x^2}$
Vorteil gegenüber Lenkwinkel:	Große Geschwindigkeiten
Nachteil gegenüber Lenkwinkel:	Kleine Geschwindigkeiten

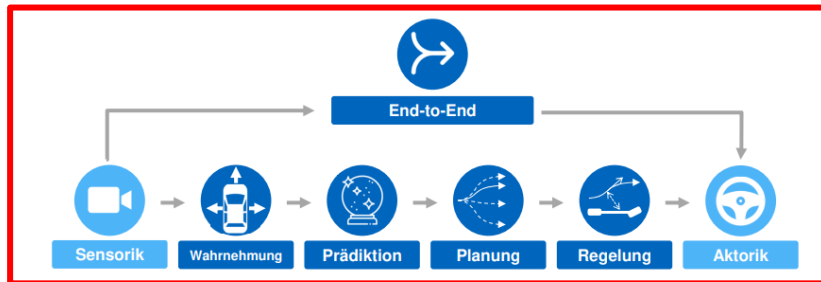
Option 2:

Sensor:	Gierratensensor, Gyroskop, etc.
$\kappa \cong$	$\dot{\psi}/v_x$
Vorteil gegenüber Lenkwinkel:	Besser bei Seitenwind
Nachteil gegenüber Lenkwinkel:	Offsetdrift

Auch Raddrehzahl möglich oder andere Vor/Nachteile. Vgl. VL5-48ff

6. Aufgabe: Funktionale Systemarchitektur und Aktorik

- a) Zeichnen Sie das allgemeine Sense-Plan-Act-Funktionsparadigma und beschreiben Sie die Funktion der einzelnen Module. (4 P)

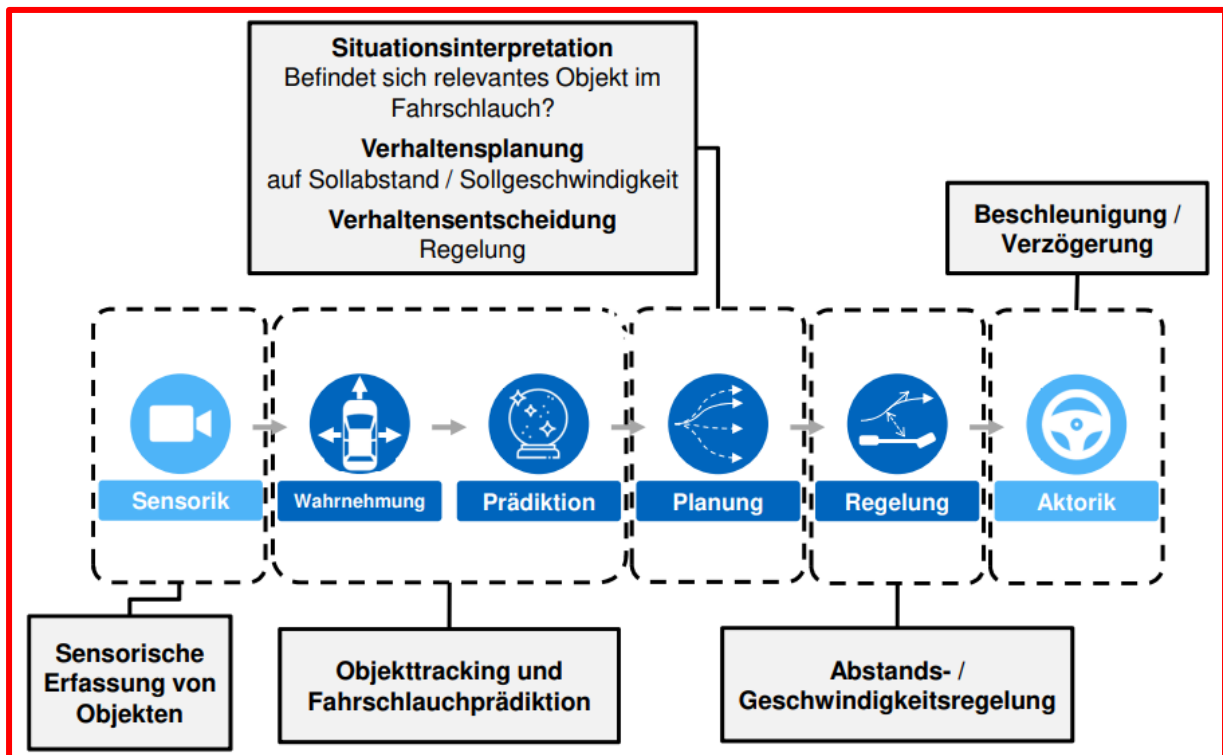


SENSE: The system needs the ability to sense important things about its environment, like the presence of obstacles or navigation aids. What information does your system need about its surroundings, and how will it gather that information?

PLAN: The system needs to take the sensed data and figure out how to respond appropriately to it, based on a pre-existing strategy. Do you have a strategy? Does your program determine the appropriate response, based on that strategy and the sensed data?

ACT: Finally, the system must act to carry out the actions that the plan calls for. Have you built your system so that it can do what it needs to, physically? Does it actually do it when told?

- b) Beschreiben Sie mithilfe von Sense-Plan-Act die Systemarchitektur und die Funktionslogik von ACC (mit 3 Hauptschritten). (5P)

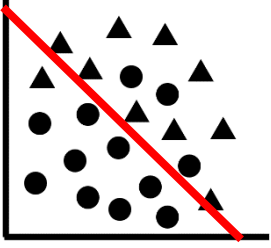
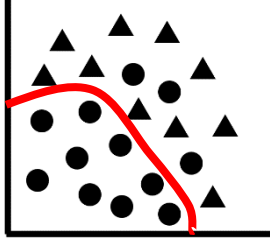
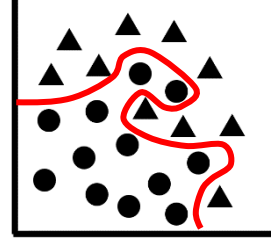


c) Nennen Sie drei existierende Hauptansätze für die Verhaltensplanung und beschreiben Sie kurz die jeweiligen Vor- und Nachteile. (6 P)

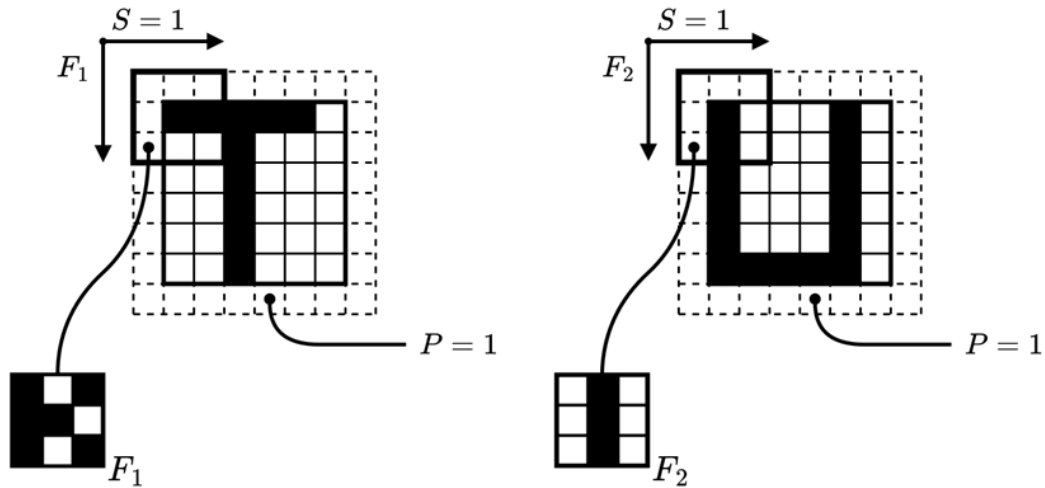
Ansatz	Vorteile	Nachteile
Numerische Optimierung	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Diskretisierung • Geringe Rechenzeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Findet lokale Optima • Solver von Kosten abhängig
Graphensuche	<ul style="list-style-type: none"> • Findet globales Optimum • Flexible Kostenfunktion 	<ul style="list-style-type: none"> • Diskrete Lösung • Fluch der Dimensionen
Sampling basiert	<ul style="list-style-type: none"> • Stochastisch vollständig 	<ul style="list-style-type: none"> • Lösung in endlicher Zeit nicht garantiert

7. Aufgabe: Deep Learning

- a) Beim Training des Netzwerkklassifizierers möchten wir ein Modell haben, das die Daten (Kreise und Dreiecke) richtig klassifiziert. Das Modell kann jedoch oft eine schlechte Klassifikationsleistung aufweisen. Schätzen Sie in den folgenden 3 Fällen die Modellleistung und zeichnen Sie die Linie oder Kurve, die die Daten trennt. Erklären Sie außerdem, warum dies geschieht und wie es die Leistung des Klassifikators beeinflusst. (6 P)

		
Underfitting	Passendes Modell	Overfitting
<p>Erklärung:</p> <p>The model is unable to capture the relationship between the input and output variables accurately, generating a high error rate on both training set and unseen data.</p>	<p>Erklärung:</p> <p>The model is trained just right. It has a low training error rate, as well as a low test error rate.</p>	<p>Erklärung:</p> <p>The model is overtrained and contains too much complexity, resulting in high error rates on test data. The generalization is very poor. Happens much more than under-fitting.</p>

- b) Nehmen wir an, dass die folgenden vereinfachten Bilder als Eingang des CNN-Netzwerks mit zwei vordefinierten Filtern, F_1 und F_2 ($S=1$, $P=1$) gegeben sind. Zeichnen Sie für beide Fälle eine qualitative Skizze der resultierenden Activation Map(s). (7P)



Per task: 0.5 if the dimensions are correct (6×6). 3P if the convolution is fully correct. For falsely marked squares, $0.5P/\text{Error}$ can be deduced.
Max. 7P possible if both tasks are fully correct.



- c) Sie haben beschlossen eine Max-Pooling-Schicht (mit einem Filter der Größe 2×2 und Stride=2) einzuführen. Basierend auf den resultierenden Activation Maps aus der Aufgabe b), zeichnen Sie eine qualitative Skizze der Ausgaben des Pooling. (3 P)



Per task: **0.5 P** if the dimensions are correct (3×3). **2 P** if the pooling is fully correct. For falsely marked squares, **0.5 P/Error** can be deduced.
Max. 3 P possible if both tasks are fully correct.

8. Aufgabe: Fahraufgabe und Mensch-Maschine-Schnittstelle

- a) Erklären Sie den Unterschied zwischen Belastung und Beanspruchung anhand des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts. (2 P)
- **Belastung:** alle Einflüssen, die den Arbeitsprozess des Menschen beeinflussen können und die für jeden Menschen, der sich in dieser Situation befindet, gleich sind (1P)
 - **Beanspruchung:** individuelle Reaktion auf die Belastung (1P)
- b) Erklären Sie den Unterschied zwischen primärer, sekundärer und tertiärer Aufgabe des Autofahrens und geben Sie jeweils 1 Beispiel. (3 P)

Primäre Aufgabe: Halten des Fahrzeugs auf Kurs

- Navigation
- Führung
- Stabilisierung

Sekundäre Aufgabe: Tätigkeiten in Abhängigkeit von Fahrenforderungen

- Aktion (Blinken, Hupen)
- Reaktion (Auf- und Abblenden, Wischen)

Tertiäre Aufgaben: Tätigkeiten, die nicht mit dem Fahren zu tun haben

- Komfortverbesserung (Klimaanlage, Sitzeinstellung, Radio ...)
- Kommunikation (Radio, Telefon, Internet ...) auch hier Aktion ↔ Reaktion

- c) Wodurch wird, gemäß des SEEV-Modells, die Wahrscheinlichkeit einer Blickzuwendung bestimmt? (2 P)
- **Auffälligkeit (Salience)**
 - **Anstrengung (Effort)**
 - **Erwartung (Expectancy)**
 - **Wert (Value)**
- d) Erläutern Sie den Begriff „nutzbares Sehfeld“. (2 P)
- **visueller Ausschnitt, aus dem ohne Augen- oder Kopfbewegung Informationen aufgenommen werden können (Ball et al., 1998)**
 - **UFOV < Blickfeld**
 - **UFOV: 1°– 15° (abhängig von der visuellen Zieldichte)**
 - **im Alter verkleinertes UFOV**
- e) Erläutern Sie den Begriff Vigilanz. (1,5 P)
- Fähigkeit zur genauen Wahrnehmung und Reaktionsbereitschaft (je 0,5P) auf seltene Reize über einen langen Zeitraum hinweg (Daueraufmerksamkeit). (je 0,5P; insgesamt maximal 1,5P)**

f) Nennen Sie drei ergonomische Empfehlungen für die Gestaltung von Rückmeldungen im Fahrzeug. (1,5 P)

- Kontinuierliche Statusanzeige
- Verzögerungsfrei
- Überschwellig
- Multimodal (simultan)
- Gezielte Vorwarnung (mono- oder multimodal)
- Räumliche und funktionale Zuordnung und Kompatibilität
- Zeitverzug: $100\text{ms} < t < 2\text{s}$
- Intuitiv
- Eindeutig
- Präzise

9. Aufgabe: Kompatibilität

a) Erklären Sie die Begriffe primäre und sekundäre Kompatibilität. (2 P)

- **Primäre Kompatibilität**

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

- **Sekundäre Kompatibilität**

Drehsinn und Bewegungsrichtung dürfen nicht im Widerspruch zueinanderstehen.

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. (4 P)

Bedienkonzept:

7:

- Abstand zum Vorfahrenden Fahrzeug erhöhen

8:

- Abstand zum Vorfahrenden Fahrzeug verringern



Anzeige-konzept im Kombi-Instrument:



10. Aufgabe: ASIL Modell und Controllability

Führen Sie im Folgenden die Vorbereitungen für eine ASIL-Bewertung entsprechend der ISO 26262 und dem verlinkten ADAS Code of Practice anhand der untenstehenden Fehlerbilder für den unten 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 sensorgestütztes 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 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 m/s^2 . Ohne Eingriff des Fahrers droht innerhalb von 7 Sekunden eine Kollision.
2. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit 150 km/h einem anderen, mit 80 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.

Unfallschwere (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: (1 P)

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

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: (2 P)

Fehlerbilder	Controllability - C (1 P für beide richtigen Antworten)	Begründung (1 P für beide richtigen Antworten)
1. Verzögerung	C1	Beispiele: - Aufmerksamer Fahrer - Reaktionszeit ausreichend (7 s)
2. Blockierbremsung	C3	Beispiele: - -> schwer kontrollierbar (150 km/h) - Normalfahrer unkontrollierbar

Weitere Fragen zum ASIL-Modell und zur Controllability:

- c) Durch welche Zahlenwerte werden der ASIL $B_{(x)}$ sowie der ASIL $C_{(x)}$ bei einer Dekomposition ersetzt? (2 P)

ASIL $B_{(x)} = 2$ und ASIL $C_{(x)} = 3$

- d) Geben Sie die Formel für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (2 P für abhängige Variablen und für korrekte Formel)

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

- e) Welche Methoden schlägt der ADAS Code of Practice neben der ISO 26262 für die Sicherheitsanalyse vor? (4 P, Abkürzungen sind ausreichend)

HAZOP, FMEA, FTA, HIL

- f) Welche ISO 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

(ISO 26262-3:2018, Teil 3 Konzeptphase, Seite 26, Tabelle B.4)

g) Welche beiden Aussagen werden im Dokumentationsblatt des ADAS Code of Practice bestätigt? (2 P)

- Bestätigung, dass dieses ADAS gemäß dem Code of Practice entwickelt wurde
- Bestätigung, dass dieses ADAS verwendungssicher ist

h) Nennen Sie die beiden Hauptentwicklungsphasen und zwei Einzelphasen aus dem allgemeinen Entwicklungsprozess? (2 P)

Hauptentwicklungsphasen: Konzeptphase, Serienentwicklung

Einzelphasen: Definitionsphase, Konzeptauswahl, oder Konzeptbestätigung, Konstruktion, Erprobung, Absicherung & Sign off

i) Nennen Sie zwei Bewertungsmethoden zum Nachweis der Controllability? (2 P)

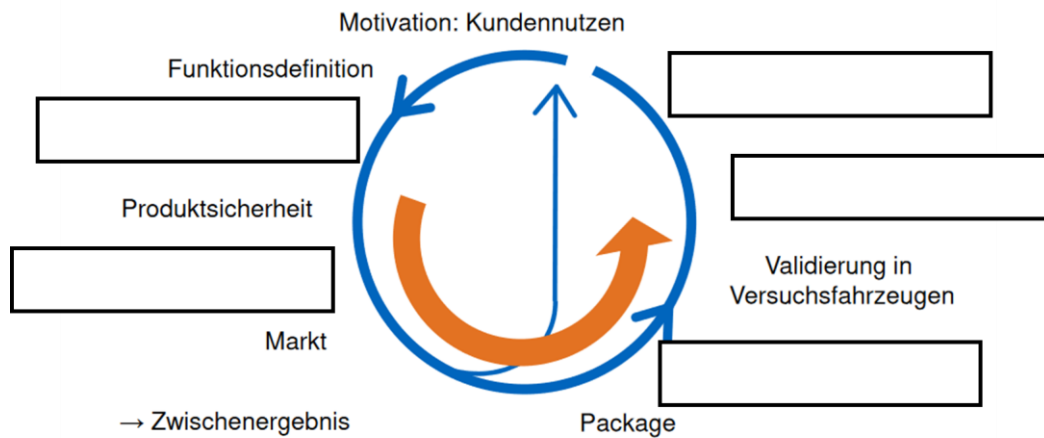
Expertengremium (Expert Panel), Fahrsimulator tests oder Fahrtests

11. Aufgabe: Entwicklungsprozess und funktionale Sicherheit

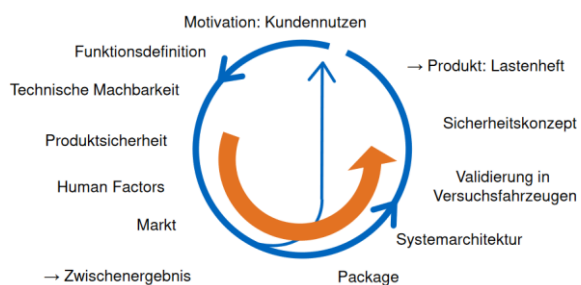
- a) Im Automotive Bereich spielt die Funktionale Sicherheit, Gebrauchssicherheit und Angriffssicherheit eine große Rolle. Ordnen Sie diesen Begriffen eine Norm zu und beschreiben Sie die Ziele der jeweiligen Begriffe. Nennen Sie ein Beispiel für eine Gefahr, welche durch die entsprechende Norm adressiert wird. (9 P)

	Funktionale Sicherheit	Gebrauchssicherheit (SOTIF)	Cyber Security
Norm	ISO 26262	ISO/PAS 21448	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.
Beispiel	Ausfall Radar Sensor Fehler im Hydraulikaggregat (ESP)	LiDAR Auflösung nicht ausreichend für Fußgänger Fahrer verletzt Überwachungspflicht	Zugriff auf Aktorik über Fahrzeug WLAN

- b) In der Vorlesung wurde die von Maurer entwickelte Methode für den systematischen Entwurf von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt. Vervollständigen Sie das Vorgehensmodell mit den einzelnen Entwicklungsschritten in folgender Abbildung. (5 P)



Lösung (je 1P):



12. Aufgabe: Analyse und Bewertung

- a) Nennen Sie die Bezeichnung der unten dargestellten Funktion (1 P)

Verletzungsrisikofunktion

- b) Ordnen Sie den Kästen in der Abbildung die Begriffe „mindestens schwerverletzt“, „mindestens leichtverletzt“ und „getötet“ zu (3 P)

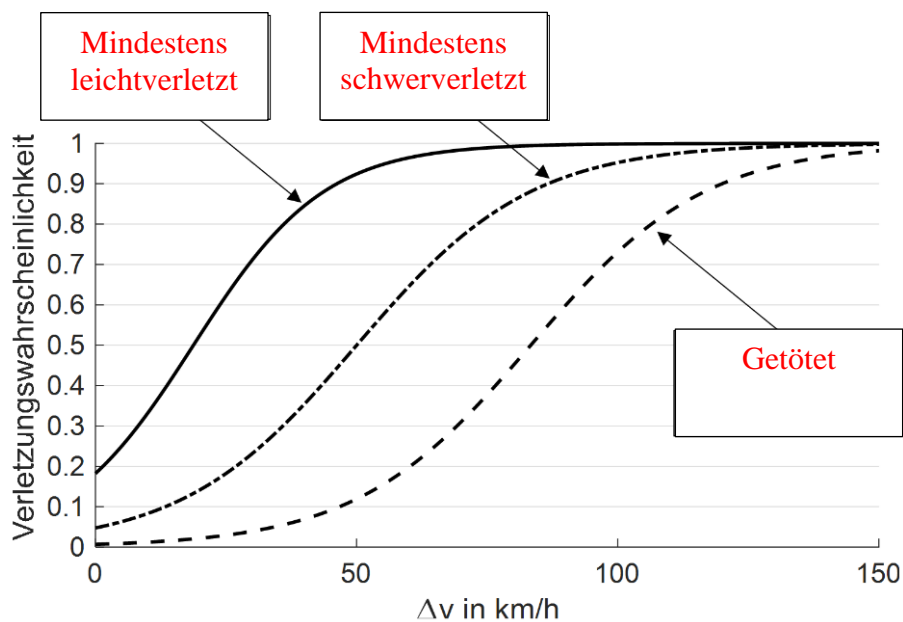
- c) Nennen Sie das Regressionsmodell, welches den gezeigten Verläufen zugrunde liegt (1 P)

Logistische Regression

- d) Geben Sie die Wahrscheinlichkeit an, dass ein Insasse bei einer Differenzgeschwindigkeit von 50 km/h „mindestens schwerverletzt“ bzw. „mindestens leichtverletzt“ ist (2 P)

$$P(\text{„mindestens schwerverletzt“} \mid \Delta v = 50 \text{ km/h}) \approx 0,50$$

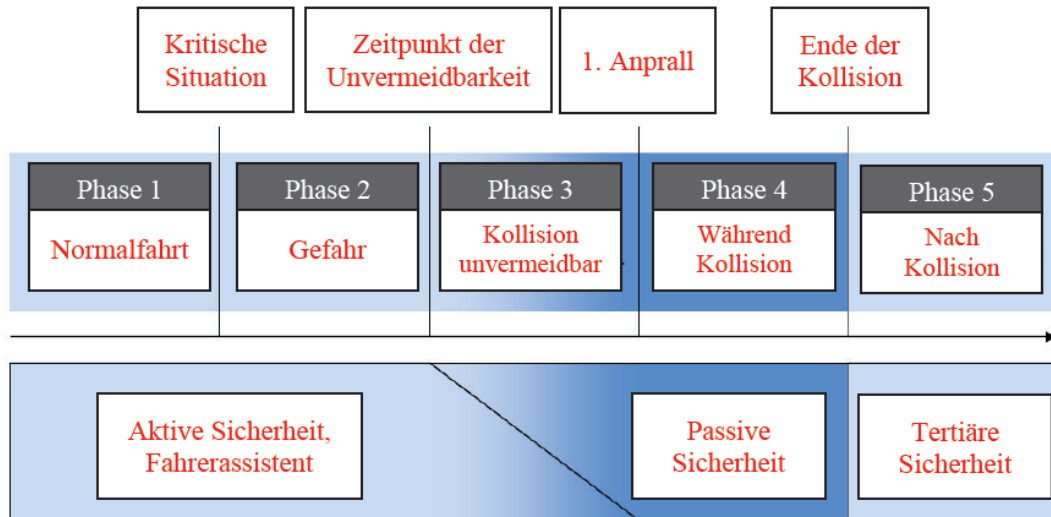
$$P(\text{„mindestens Leichtverletzt“} \mid \Delta v = 50 \text{ km/h}) \approx 0,92$$



13. Aufgabe: Analyse und Bewertung

Beschriften Sie in der untenstehenden Abbildung den Unfallablaufplan nach ACEA mit den Situationen (erste Ebene, jeweils 0,5 P).

Beschriften Sie außerdem die Phasen (zweite Ebene, jeweils 0,5 P) und ergänzen Sie die Sicherheitsarten (dritte Ebene, jeweils 0,5 P). (6 P)



14. Aufgabe: Aktuelle Systeme

- a) Nennen Sie drei verschiedene Fahrerassistenzsysteme, die den Fahrer in der Längs- bzw. Querführung unterstützen (jeweils 0,5 P. pro Nennung). Schreiben Sie die Namen der Fahrerassistenzsysteme aus. Abkürzungen geben keine Punkte. (3 P)

Längsführung
Adaptive cruise control
Autonomous emergency braking
Forward vehicle collision warning
Querführung
Lane keeping assist
Lane departure warning
Lane change assist

Für Längsführung gibt es ebenfalls einen Punkt auf Dynamic Cruise Control
 Für Querführung gibt es ebenfalls einen Punkt auf Parkassistent und Totwinkelassistent

- b) Ergänzen Sie die Bezeichnungen der Automatisierungsstufen gemäß BASt (je 1 P.) sowie die Rückfallebene (je 0,5 P.) in der angegebenen Tabelle (6 P)

BASt Level	1	2	3	4
Bezeichnung gemäß BASt	Assistiert	Teil-automatisiert	Hoch-automatisiert	Voll-automatisiert
Rückfallebene	Fahrer	Fahrer	System	System

- c) Erläutern Sie anhand der Tabelle aus Aufgabenteil (b), warum der Übergang zwischen Level 2 und Level 3 besonders herausfordernd ist (3 P)

Anhand der zweiten Zeile in der Tabelle ist zu sehen, dass das System die **Rückfallebene** selbst bereitstellen muss (1 P.). Dies hat steigende **Systemanforderungen** zur Folge (1 P.). Um dies sicherzustellen, ist eine **Redundanz** unter anderem bei der Aktorik und dem Bordnetz erforderlich (1 P.)