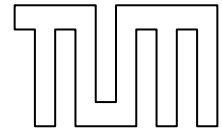


Lösungsvorschlag



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



Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 02.08.2018

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Die Prüfung besteht aus 16 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)	12	18	20	15	15	6	12	15	2	7	9	18
Aufgabe	13	14	15	16						Summe		
Punkte												
Punkte (maximal)	14	3	12	11						189		

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)

1. Aufgabe: Einführung

a: / 8

b: / 4

/ 12

Benennung und Klassifizierung automatisierter Fahrfunktionen nach Definition der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

- 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	

Lösungsvorschlag:

- 0,5 P je korrekter Nennung eines Automatisierungsgrades
- 1,5 P für korrekte Reihenfolge (Abzüge, wenn einzelne Nennungen falsch)
- 1 P je korrektem Unterschied

Automatisierungsgrad	
Nur Fahrer / Manuell	
Assistiert	System übernimmt Quer- <u>oder</u> Längsführung
Teilautomatisiert	System übernimmt Quer- <u>und</u> Längsführung
Hochautomatisiert	System überwacht (zeitweise) / Fahrer muss nicht überwachen
Vollautomatisiert	System als Rückfallebene / Fahrer muss nicht übernahmefähig sein

- b) Nennen Sie alle grundlegenden Funktionsprinzipien / Wirkweisen, nach denen Fahrerassistenzsysteme entsprechend der BAST kategorisiert werden. Nennen Sie dazu jeweils die Kurzkenung sowie die zugehörige Bezeichnung bzw. Kurzbeschreibung. Geben Sie zusätzlich an, welchem Funktionsprinzip die in Aufgabe a) erarbeiteten Automatisierungsgrade untergeordnet sind. (4 P.)

Lösungsvorschlag:

Funktionsprinzip A: Informierend und Warnend

Funktionsprinzip B: Kontinuierlich Automatisiert → Aufgabe a)

Funktionsprinzip C: Kurzzeitig eingreifend in kritischen Situationen

- Je 0,5 P für die richtige Bezeichnung („Kurzzeitig Eingreifend“ ist auch ohne Zusatz „in kritischen Situationen“ akzeptabel)
- Je 0,5 P für die Nennung und richtige Zuordnung von A, B, C
- 1 P für die richtige Zuordnung von Funktionsprinzip „Kontinuierlich Automatisiert“ zu Aufgabe a)

2. Aufgabe: ACC - Sensorik	a: / 2	b: / 4	c: / 3	d: / 7	e: / 2	/ 18
-----------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	-------------

In Ihrer Firma soll für einen Kunden ein neues ACC-System entwickelt werden, das wirtschaftlich hergestellt werden kann und möglichst unabhängig von Witterungseinflüssen arbeitet. Sie werden beauftragt, aus Ultraschall, Radar, Lidar, Mono- und Stereokamera den passenden Sensor auszuwählen.

a) Nennen Sie Ihre Wahl und begründen Sie kurz Ihre Entscheidung. (2 P.)

Sensor	Begründung
Radar	Verhältnismäßig geringe Kosten & geringe Beeinflussung durch Regen, Nebel, ...

b) Nennen Sie für jeden der nicht gewählten Sensoren den entscheidenden Faktor, warum der jeweilige Sensor nicht für den vorliegenden Einsatzzweck geeignet ist. (4 P.)

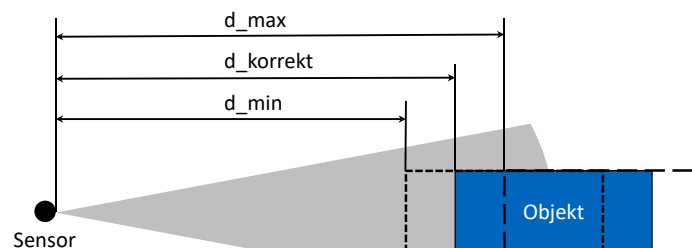
Sensor 1	Entscheidender Faktor
Lidar	Hohe Kosten
Sensor 2	Entscheidender Faktor
Ultraschall	Zu geringe Reichweite
Sensor 3	Entscheidender Faktor
Monokamera	Hohe Beeinflussung durch Umweltbedingungen
Sensor 4	Entscheidender Faktor
Stereokamera	Siehe Monokamera & hohe Kosten

Der Kunde entschließt sich, einen auf dem Time-of-Flight-Prinzip basierenden Sensor vorzugeben. Er wünscht zudem, dass mit dem Sensor der Abstand zu einem Objekt mit einer Wiederholgenauigkeit von mindestens 10 cm ($|d_{\text{Fehler}}| \leq 0,1 \text{ m}$) bestimmt werden muss. Die Abtastrate des Sensors beträgt $f = 20 \text{ Hz}$.

- c) Erklären Sie kurz das Time-of-Flight-Prinzip. Geben Sie zudem die Formel für die Bestimmung des Abstandes an. (3 P.)

Formel	Erklärung
$d = \frac{1}{2} c_0 t$	Time-of-Flight-Messung: Dabei werden ein oder mehrere Pulse ausgesendet und an einem evtl. vorhandenen Objekt reflektiert. Die Zeit bis zum Empfang des reflektierten Signals ist proportional zur Entfernung.

- d) Berechnen Sie den maximalen Fehler, der bei der Berechnung der Relativgeschwindigkeit durch Ableitung der Abstandsmessung in einem Zeitschritt auftreten kann. Fertigen Sie dabei auch eine Skizze an. (7 P.)



Annahmen: Zuerst minimalen dann maximalen Abstand gemessen
Relativgeschwindigkeit = 0m/s

Abstand d zum Zeitpunkt t_1 : $d_{t1} = d_{\min} = d_{\text{korrekt}} - d_{\text{Fehler}}$

Abstand d zum Zeitpunkt t_2 : $d_{t2} = d_{\max} = d_{\text{korrekt}} + d_{\text{Fehler}}$

$$\Delta v_{\text{rel,max}} = \frac{d_{t2} - d_{t1}}{\Delta t} = 2 * d_{\text{Fehler}} * f$$

$$\Delta v_{\text{rel,max}} = 2 * 0,1 \text{ m} * 20 \frac{1}{\text{s}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Geschwindigkeit kann somit in einem Bereich $\pm 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ angegeben werden.

- e) Beschreiben Sie eine Möglichkeit, den entstehenden Fehler zu verkleinern. (2 P.)

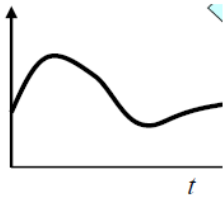
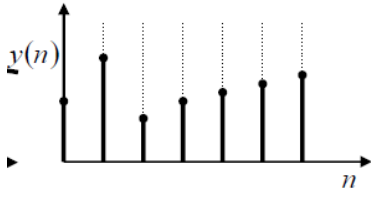
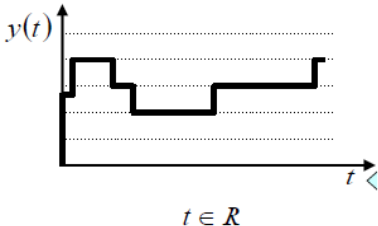
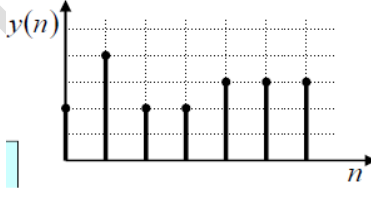
Zurückliegende Messwerte bei der Bestimmung der Relativgeschwindigkeit mit einbeziehen (Tracken), weil sich Geschwindigkeiten innerhalb eines Zeitschritts nicht sprunghaft ändern können.

Sensor mit genaueren Positionsbestimmung verwenden.

3. Aufgabe: Kamera	a: / 5	b: / 4	c: / 4	d: / 5	e: / 2	/ 20
---------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	-------------

Für ein Fahrzeug mit einem eigenständigen Lane Keeping Assist soll ein Kamerasystem ausgewählt werden. Dazu beschäftigen Sie sich zuerst mit den Grundlagen und machen sich mit dem Unterschied zwischen kontinuierlichen und diskreten Auflösungen von Ort, Zeit und Werten vertraut.

- a) Skizzieren Sie die einzelnen Ausprägungen aus der Kombination zwischen Zeit und Wert. Tragen Sie dabei mindestens einmal die Achsenbeschriftung ein. (5 P.)

Wert	kontinuierlich		
	diskret		
		kontinuierlich	diskret
		Zeit	

- b) Welche Ausprägung (kontinuierlich / diskret) tritt in der Realität auf und welche nachdem die Kamera die Umgebung erfasst hat? Durch welche Eigenschaften der Kamera wird die jeweilige Ausprägung von Zeit, Ort und Wert erreicht? (4 P.)

Realität: zeit-, ort- und wertkontinuierlich
Nach Kamera: zeit-, ort- und wertdiskret
Zeit: zeitdiskret durch Abfolge von Bildern (Frequenz)
Ort: ortdiskret durch einzelne Pixel
Wert: wertdiskret durch Helligkeitsstufen

- c) Ihr Vorgesetzter schlägt vor, für den Lane Keeping Assist anstatt einer Mono- eine Stereokamera zu verwenden. Bewerten Sie diesen Ansatz, indem Sie je einen Vorteil und einen Nachteil aufzeigen und geben Sie mit kurzer Begründung an, für welchen Kamertyp Sie sich entscheiden. (4 P.)

Vorteil: Keine wirklichen Vorteile Abstandsinfo aus Stereokamera kann für andere Systeme verwendet werden, bspw. Notbremsassistent (hier kein Nutzen, weil System eigenständig)
Nachteil: Mehr Bauraum benötigt und höhere Kosten
Entscheidung: Monokamera reicht für LKA aus, weil der LKA mit keinen weiteren Assistenzsystemen kommuniziert und die Tiefeninformation somit keinen Nutzen hat.

- d) 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 Megabyte pro Sekunde nicht zu überschreiten. Die Kamera arbeitet dabei mit einer Frequenz von 25 Hz. (5 P.)

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

$D = \text{Datenrate} = 5 \text{ MB/s}$ $B = \text{Anzahl der Pixel pro Bild} = l * b$
 $P = \text{Anzahl der Bytes pro Pixel} = 1 \text{ Byte (entspricht } 2^8 = 256 \text{ Helligkeitsstufen)}$
 $F = \text{Einlesefrequenz} = 25 \text{ 1/s}$ $N = \text{Anzahl der Kameras} = 2$

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

Mit $\frac{l}{b} = \frac{16}{9} \rightarrow b = \frac{9}{16} l$

$$l = \sqrt{\frac{16}{9} \frac{D}{P * N * F}} = 421$$

- e) Wie könnte ein Regelsystem für die Querführung in Stausituationen ohne Kamera umgesetzt werden? (2 P.)

Es kann auf Radar oder Lidar Basis dem vorausfahrenden Fahrzeug gefolgt werden.

4. Aufgabe: Sensor-Fusion	a:	b:	c:	d:	e:	f:	
	/ 1	/ 2	/ 3	/ 4	/ 3	/ 2	/ 15

Ein Fahrzeug fährt auf einer geraden Schiene. Mit einem nach hinten gerichteten LIDAR kann die Distanz zum Startpunkt bestimmt werden und mit einem Accelerometer die Beschleunigung in Fahrtrichtung. Für das Tracking und die Sensor-Fusion soll ein Kalman Filter verwendet werden.

Spezifikation des LIDAR:

- Ausgabefrequenz: 10 Hz
- Gemessener Wert: Distanz zum Startpunkt in m
- Genauigkeit: 0,5 m

Spezifikation des Accelerometers:

- Ausgabefrequenz: 100 Hz
- Gemessener Wert: Beschleunigung in Fahrtrichtung in g
- Genauigkeit: $\pm 0,05$ g

- a) Nennen Sie drei Vorteile, die durch das Tracking und die Sensor-Fusion erreicht werden. (3 P.)

Steigerung der Genauigkeit

Zusätzliche Informationen wie die Geschwindigkeit (Tracking)

Ausfallsicherheit/Robustheit (Nebel, Accelerometer Drift)

- b) Bevor die Daten der Sensoren fusioniert werden können, muss eine Umrechnung stattfinden. Nennen Sie eine Möglichkeit. (1 P.)

Beschleunigung umwandeln zu m/s^2 . $1 \text{ g} = 9,81 \text{ m/s}^2$

Die unterschiedliche Frequenz ist kein Problem für die Fusion.

- c) Entwerfen Sie einen passenden Zustandsvektor für den Kalman Filter und benennen Sie kurz seine Komponenten. (2 P.)

$$\hat{x} = \begin{pmatrix} \\ \\ \end{pmatrix}$$

d – Distanz

v – Geschwindigkeit

a – Beschleunigung

- d) Wie sieht die entsprechende Systemmatrix für den Zustandswechsel von $k - 1$ zu k aus? Für die vergangene Zeit zwischen den Zuständen ist Δt zu verwenden. (4 P.)

$$\mathbf{X}_k = \begin{pmatrix} 1 & \Delta t & \frac{\Delta t^2}{2} \\ 0 & 1 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \mathbf{X}_{k-1}$$

Jeder Fehler -1P

- e) Welche drei Schritte werden beim Kalman Filter rekursiv durchlaufen? In welchem Schritt wird der Kalmanfaktor (K) bestimmt und was wird durch den Kalmanfaktor beeinflusst? (3 P.)

Prädiktion, Assoziation und Innovation (Auch andere Wortwahl möglich bspw. Prediction & Update) (1. P)

Kalmanfaktor wird im Innovationsschritt bestimmt. (0,5 P)

Der Kalmanfaktor stellt das „Vertrauen“ in die Messung dar und beeinflusst wie stark der Prädizierte Wert durch die Messung angepasst wird. (1,5 P)

- f) Wägen Sie ab, ob es für die hier beschriebenen Sensor-Fusion Sinn macht, einen Extended Kalman Filter zu nutzen und begründen Sie die Entscheidung? (2 P.)

Nein, der Extended Kalman Filter ist für nicht lineare Systeme. Hier handelt es sich allerdings um ein lineares System, für welches der Kalman Filter die beste Lösung ist.

5. Aufgabe: Funktionslogik Regelung	a: / 4	b: / 2	c: / 9	/ 15
--	--------	--------	--------	-------------

- a) Erläutern Sie die Funktionsweise eines Dynamic Cruise Control (DCC). Welche zwei Ausprägungen gibt es? (4 P.)

Lösung:

Geschwindigkeitsregelung zur Einhaltung einer vom Kunden vorgegebenen Wunschgeschwindigkeit durch Eingriff in Gas oder Bremse. Die verzögernde Wirkung kann dabei je nach Systemausprägung auch durch die Motorbremswirkung erzielt werden. (2P)

Ausprägungen:

- Nutzung ausschließlich des Antriebs (1P)
- Nutzung von Antrieb und Bremse (1P)

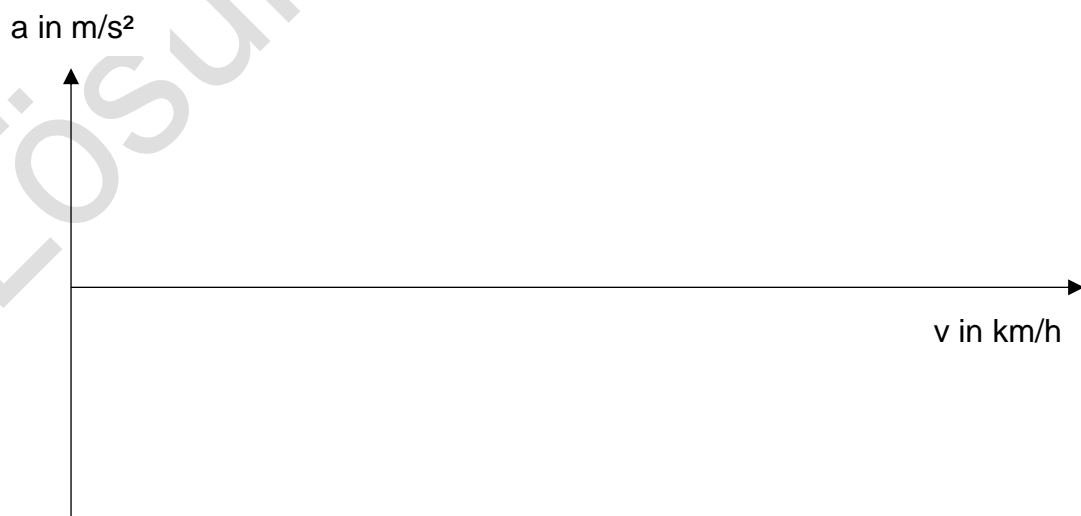
- b) In wie weit stellt ein Adaptive Cruise Control (ACC) eine Erweiterung eines Dynamic Cruise Controls (DCC) dar? (2 P.)

Lösung:

Erweiterung von DCC um eine Abstandsregelung auf vorausfahrende Fahrzeuge durch Eingriff in Gas oder Bremse, falls die Wunschgeschwindigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit abweicht oder ein langsamer fahrendes Vorderfahrzeug detektiert wird.

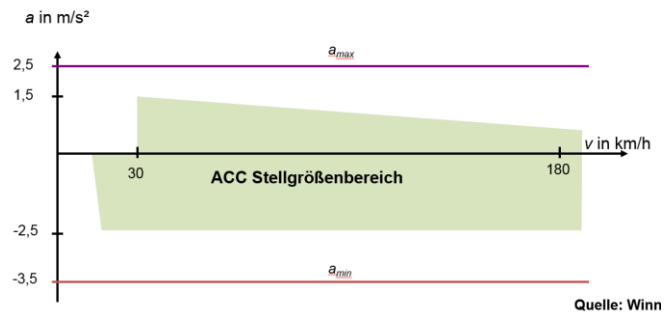
- c) Skizzieren Sie für die gegebenen Ausprägungen von ACC die prinzipiellen Betriebsbereiche in Abhängigkeit von Geschwindigkeit (X-Achse) und Beschleunigung (Y-Achse). (9 P.)

1. ACC mit Längsführung über 30 km/h



Lösung:

Prinzipieller Betriebsbereich:



2. ACC mit Verzögerung bis in den Stillstand

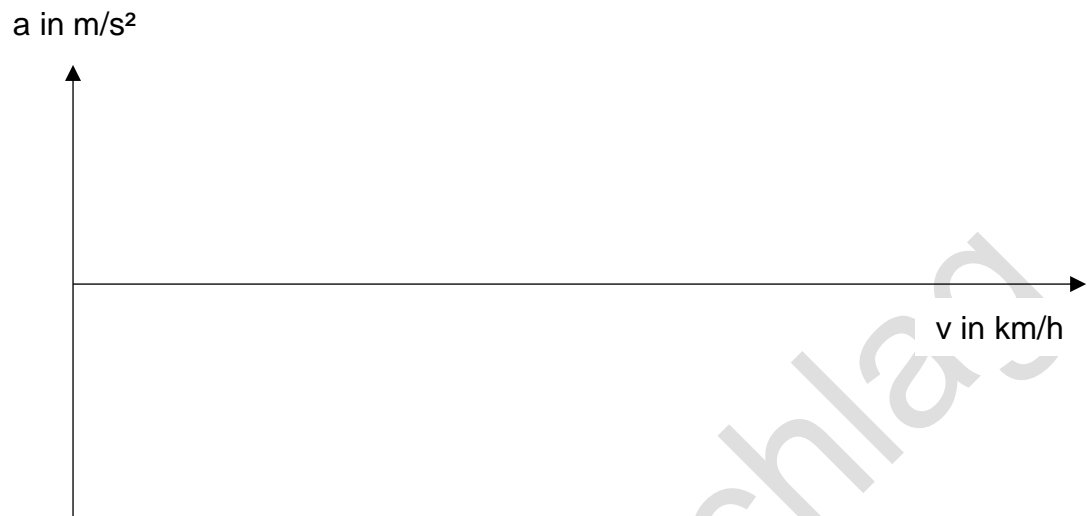


Lösung:

Prinzipieller Betriebsbereich:



3. ACC (Full-Speed-Range) mit Verzögerung bis in den Stillstand und Wiederanfahren aus dem Stillstand



Lösung:



Je korrekter Skizze 3 Punkte

- 1,5 Punkt für richtigen Bereich (positive) Beschleunigung
 - Beschleunigungsverlauf über Geschwindigkeit
 - Geschwindigkeit 30 km/h und Größenordnung a (ca. $1,5 \text{ m/s}^2$) ersichtlich und stimmig
- 1,5 Punkt für richtigen Bereich Verzögerung (negative Beschleunigung)
 - Beschleunigungsverlauf über Geschwindigkeit
 - Geschwindigkeit 30 km/h und Größenordnung a (ca. $1,5 \text{ m/s}^2$) ersichtlich und stimmig

Sie benutzen das Fahrerassistenzsystem ACC. Ihre Geschwindigkeit ist im Vergleich zu der Geschwindigkeit des Fahrzeugs vor Ihnen erhöht. Als Folge dessen reduziert das ACC die Geschwindigkeit Ihres Fahrzeugs. Die Funktionslogik Ihres ACC durchläuft dabei zunächst eine Situationsinterpretation, dann eine Verhaltensgenerierung und als letztes eine Verhaltensentscheidung.

Bitte erläutern Sie die Funktionslogik eines ACC anhand des beschriebenen Beispiels. Gehen Sie dabei auf die Begriffe Situationsinterpretation, Verhaltensgenerierung und Verhaltensentscheidung ein. (6 P.)

Lösung:

Situationsinterpretation

Relevantes Fahrzeug in Fahrschlauch

Verhaltensgenerierung

Möglichkeit der Regelung von Abstand (Zeitlücke) oder Geschwindigkeit

Verhaltensentscheidung

Regelung auf Abstand -> Folgefahrt

7. Aufgabe: Aktorik	a: / 2	b: / 10	/ 12
----------------------------	--------	---------	-------------

Damit Fahrerassistenzsysteme in die Fahrweise eines Fahrzeugs eingreifen können, wird der Fahrzeugantrieb in der Regel „by-wire“ ausgelegt.

a) Welche Sicherheitsanforderung gilt es dabei zu berücksichtigen? (2 P.)

Lösung:

Gleiche Ausfallsicherheit wie bei konventionellen Systemen

b) Welche drei Möglichkeiten zur Risikominimierung gibt es? Bitte erläutern Sie diese kurz. Wo ist die Automobilindustrie einzuordnen? (10 P.)

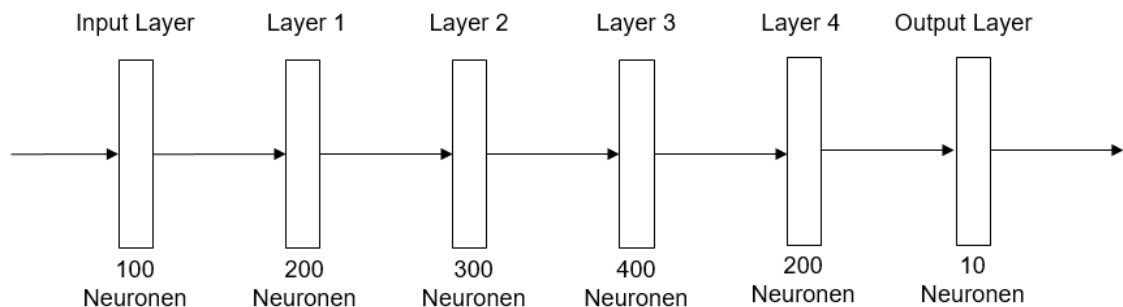
Lösung:

- Redundanz (1P)
 - Zwei oder mehr gleichartige Systeme erfüllen die gleiche Aufgabe (2P)
- Diversität (1P)
 - Zwei oder mehr verschiedenartige Systeme erfüllen dieselbe Aufgabe (2P)
- Mehrheitsentscheid (1P)
 - Drei oder mehr gleich- oder verschiedenartige Systeme erfüllen dieselbe Aufgabe (2p)

Bei Automobilindustrie reicht Redundanz aus (1P)

8. Aufgabe: Neuronale Netze	a: / 3	b: / 4	c: / 1	d: / 4	e: / 3	/ 15
--	--------	--------	--------	--------	--------	-------------

- a) Berechnen Sie die optimale Standardabweichung der Initialisierung der Gewichte der vierten Ebene im folgenden neuronalen Netz (3 P.)

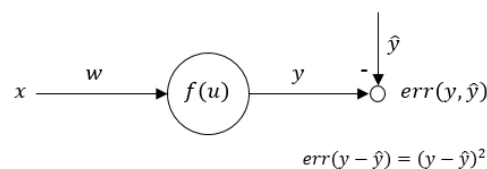


$$\sigma \sim \sqrt{\frac{2}{n_i}} = \sqrt{\frac{2}{400}} = 0,07071$$

1.5P Formel

1.5P Ergebnis / Richtige Layer ausgewählt

- b) Leiten Sie die Änderung eines einzelnen Gewichtes anhand des Backpropagation Verfahren an einem einzelnen Neuron her. Nehmen Sie die Relu Aktivierungsfunktion und die gegebene Fehlerfunktion an (4 P.)



Lösung:

$w = w + \Delta w$ sodass err minimiert wird (1P) Änderungsfkt richtig

$w = w - \alpha \frac{\partial err}{\partial w}$ α : Lernrate

$err(y - \hat{y}) = (y - \hat{y})^2$
 $\frac{\partial err}{\partial w} = \frac{\partial}{\partial w} (y - \hat{y})^2 = 2(y - \hat{y}) \frac{\partial}{\partial w} (y - \hat{y})$ (1P) Ableitung richtig

$$\frac{\partial}{\partial w} \hat{y} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial w} y = \frac{\partial}{\partial w} f(u) = f'(u) \frac{\partial}{\partial w} u$$

$$f'(u) \frac{\partial}{\partial w} u = f'(u) \frac{\partial}{\partial w} xw = f'(u) * x$$

Relu: $f'(u) = 1$ oder 0 (1P) Relu Ableitung richtig

$\Rightarrow \Delta w = -\alpha 2(y - \hat{y}) x$ (1P) Änderung richtig

- c) Was besagt die Lernrate α aus? (1 P.)

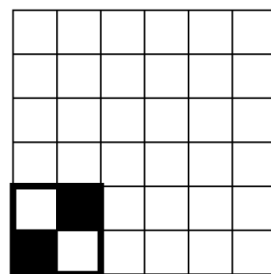
Faktor zur Änderung der Gewichte zwischen zwei Trainingsschritten (1P)

d) Beschreiben Sie den Effekt des Over- und Underfittings. Wie lässt sich dieser beim Training von Neuronalen Netzen vermeiden? (4 P.)

- Beim Training von NN sinkt der Fehler in der Regel auf den Trainingsdaten kontinuierlich mit der Anzahl der Epochen. Wird das Training zu früh abgebrochen kann es sein, dass das optimale Ergebnis auf den Validierungsdaten nicht erreicht wird (Underfitting). (1P)
- Wird das Training zu lange fortgeführt verschlechtern sich die Ergebnisse auf den Validierungsdaten. Das Netz wurde zu lange trainiert (Overfitting). (1P)
- Vermeiden lässt sich dieser Effekt in dem die Ergebnisse des neuronalen Netzes mit neuen Daten validiert werden. Solange sich das Ergebnis auf den Validierungsdaten verbessert kann das Netz weiter trainiert werden. Verschlechtern sich die Ergebnisse sollte das Training abgebrochen werden. (2P)

e) Gegeben ist die linke untere 2x2 Ecke des Eingangs eines 6x6 Convolution Layers mit einem 2x2 Filter und das zugehörige Ergebnis des nachgeschalteten 2x2 Maxpool Layers. (3 P.)

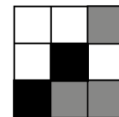
- Geben Sie den dazugehörigen Convolution Filter an.
- Füllen Sie die restliche Eingangsmatrix so, dass sich der gegebene Ausgang ergibt.



Eingang

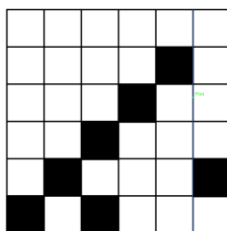


Convolution
Filter



MaxPool
Ausgang

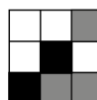
Lösung:



Eingang



Convolution
Filter



MaxPool
Ausgang

1P Convolution richtig, 0.5 Punkte pro richtige Ecke, max 3P

Zu welchen Teilen der Fahraufgabe gehören die folgenden Elemente der Mensch-Maschine-Schnittstelle? (2 P.)

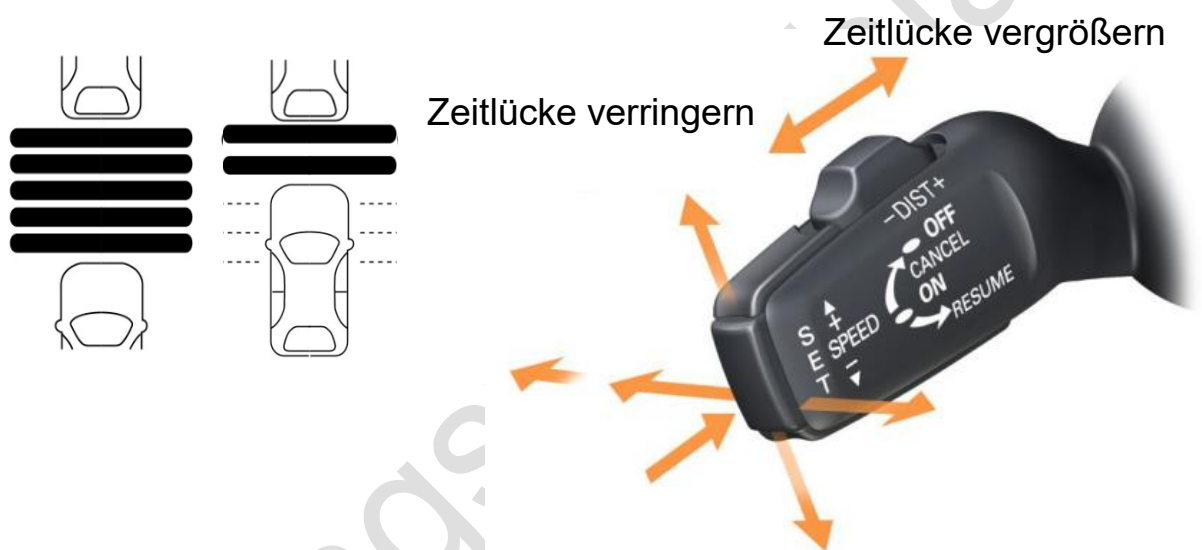
- Radio/Infotainment (Bildschirmbedienung)
- Lenkrad
- Blinker
- Elemente der Sitzeinstellung

- Tertiäre Aufgabe
- Primäre Aufgabe
- Sekundäre Aufgabe
- Tertiäre Aufgabe

- 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

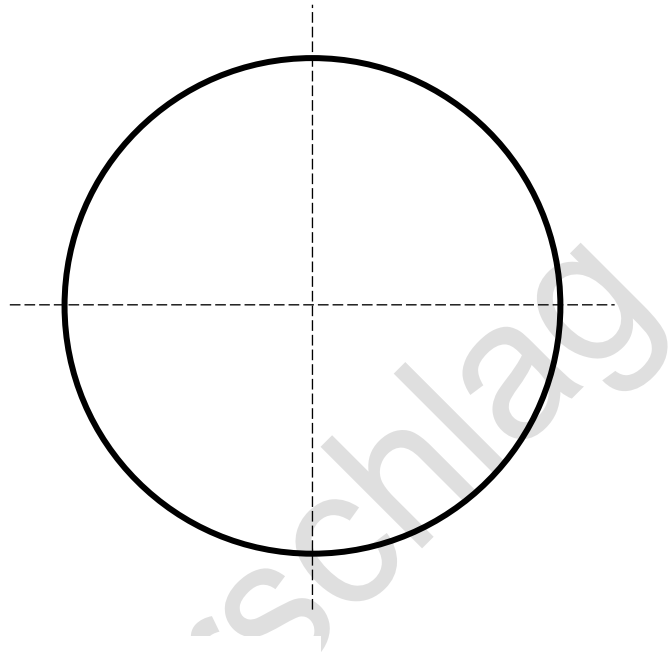
- Zeitlücke wird nach rechts vergrößert und nach links verringert -> primäre innere Kompatibilität gegeben

2. Primäre äußere Kompatibilität:

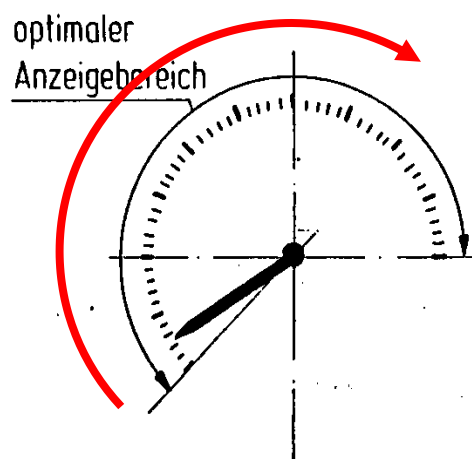
- Fahrzeuge von oben dargestellt, Verstellung der Zeitlücke jedoch seitlich -> Verletzung der äußeren Kompatibilität
- Verstellung der Zeitlücke seitlich: Bewegungsrichtung stimmt nicht mit der Realität überein -> Verletzung der äußeren Kompatibilität
- Fahrzeuge von oben dargestellt, entspricht nicht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

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

- b) Untenstehende Tankanzeige verletzt Aspekte der sekundären Kompatibilität. Zeichnen Sie in nebenstehende Vorlage eine korrekte Version. Achten Sie dabei auf Eindeutigkeit! (2 P.)



Lösung:



11. Aufgabe: Folgen durch FAS/Automation	a: / 1,5	b: / 4	c: / 2	d: / 1,5	/ 9
---	----------	--------	--------	----------	------------

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) Wie wirkt sich eine zunehmende Automatisierung auf die Fähigkeiten des Menschen aus, ein Fahrzeug manuell zu fahren? Nennen und erklären Sie zwei Auswirkungen und beziehen Sie sich dabei auf die oben genannten Ebenen. Nennen Sie jeweils ein Beispiel. (4 P.)

Verlust von Regelfertigkeiten (2P): durch häufige automatisierte Fahrmanöver verlernt der Fahrer die manuelle Fähigkeit zum Ausführen dieser Tätigkeit (bspw. Parkassistent, Zwischengas, Automatikschaltung, etc.). (je 1P für Zuordnung+Erklärung und Beispiel)

Verlust von wissensbasierten Fähigkeiten (2P): durch eine ausschließliche Nutzung von Navigationssystemen kann ein Fahrer mit der Zeit verlernen sich nur mit Hilfe der Karte in einer fremden Umgebung zurecht zu finden. (je 1P für Zuordnung+Erklärung und Beispiel)

c) 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)

d) Entscheiden Sie, ob es sich bei folgenden Punkten um die Wirkung ersetzender oder warnender Assistenz handelt: (1,5 P.)

- I. Höhere Beanspruchung des Fahrers
- II. Steigerung der Aufmerksamkeit
- III. Verringerter Situationsbewusstsein für nicht überwachungsrelevante Reize

Warnend, warnend, ersetzend (je 0,5P)

12. Aufgabe: ASIL Modell und Controllability	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	h:	i:	
	/ 1	/ 2	/ 2	/ 2	/ 4	/ 1	/ 2	/ 2	/ 2	/ 18

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 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 6 Sekunden eine Kollision.
2. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit 140 km/h einem anderen, mit 90 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.

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: (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 (6 s)
2. Blockierbremsung	C3	Beispiele: - -> schwer kontrollierbar (140 km/h) - Normalfahrer unkontrollierbar

Weitere Fragen zum ASIL-Modell und zur Controllability:

- c) Durch welchen Zahlenwert wird ASIL D_{∞} bei einer Dekomposition ersetzt? (2 P.)

4

- 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 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) Wofür dient das Dokumentationsblatt im ADAS Code of Practice? (2 P.)

Bestätigung für Verwendungssicherheit

- h) Nennen Sie die beiden Hauptentwicklungsphasen aus dem allgemeinen Entwicklungsprozess. (2 P.)

Konzeptphase, Serienentwicklung

- i) Nennen Sie eine Bewertungsmethode zum Nachweis der Controllability. (2 P.)

Expertengremium (Expert Panel)

oder

Fahrsimulatortest

oder

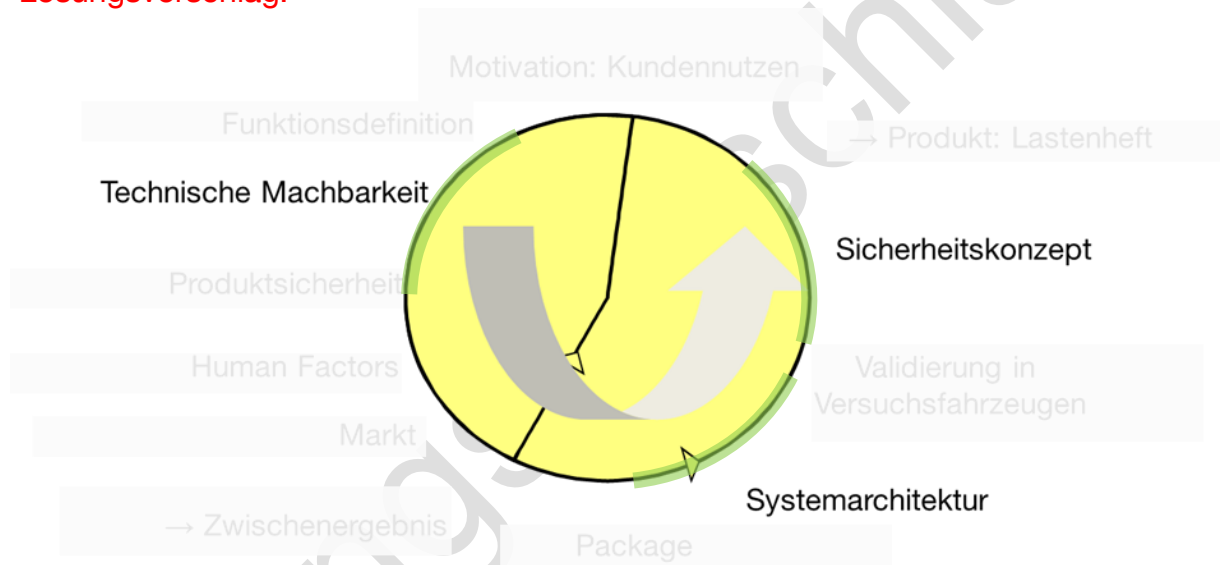
Fahrtests

13. Aufgabe: Entwicklungsprozess	a: / 3	b: / 5	c: / 4	d: / 2	/ 14
---	-----------	-----------	-----------	-----------	-------------

In der Vorlesung wurde die von Prof. Maurer (TU BS) entwickelte Methode für den systematischen Entwurf von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt. Im Folgenden soll ein Konzept für einen Lane Keeping Assist entwickelt werden. Im Rahmen dessen werden exemplarisch drei Teilschritte („Systemarchitektur“, „Technische Machbarkeit“ und „Sicherheitskonzept“) des Entwicklungsprozesses durchlaufen.

- a) Skizzieren Sie die grundlegende Struktur des Entwicklungsprozesses nach Maurer (ohne Beschriftungen). Kennzeichnen Sie die drei Teilschritte „Systemarchitektur“, „Technische Machbarkeit“ und „Sicherheitskonzept“ in der angefertigten Skizze. (3 P.)

Lösungsvorschlag:

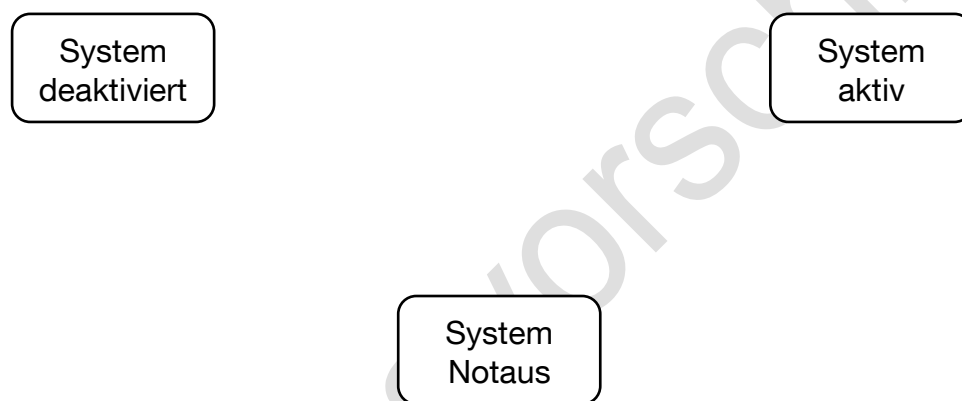


- 1,5 P für korrekte Skizze der Struktur (mit zwei Iterationsschleifen)
- Je 0,5 P für korrekte Position der Teilschritte (max. Abweichung +/- 15°)

Der zu entwickelnde Lane Keeping Assist soll folgende Eigenschaften erfüllen:

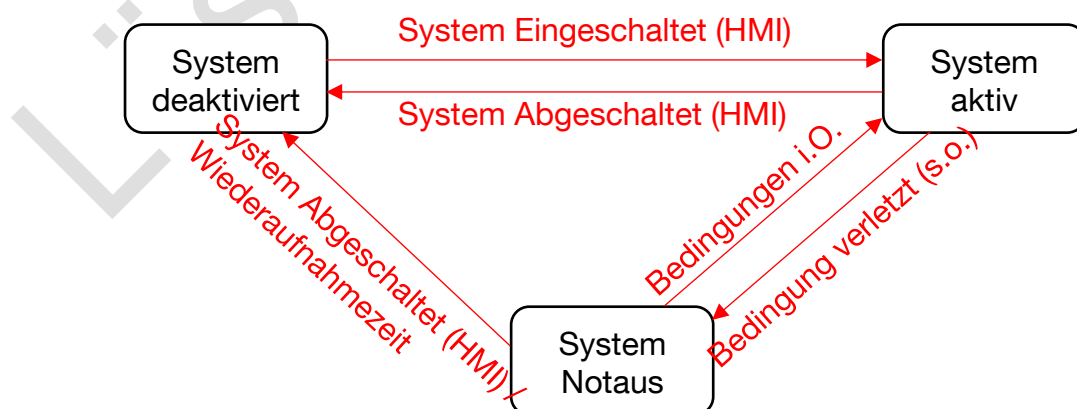
- Bestimmung des optimalen Lenkwinkels, um das Fahrzeug in der Mitte des erkannten Fahrstreifens zu halten
- Nur aktiv / aktivierbar, wenn:
 - Blinker nicht aktiv
 - Fahrer im Kontakt mit Lenkrad
 - Keine starken Lenkbewegungen durch den Fahrer

b) Erstellen Sie einen Zustandsautomaten, in dem die grobe Funktionsweise abgebildet wird. Im Vorhinein wurden bereits drei Zustände identifiziert, die das grundlegende Verhalten des Systems abbilden sollen. Ergänzen Sie den Zustandsautomaten um sinnvolle *Zustandsübergänge* und *beschriften* Sie diese dementsprechend. (5 P.)



Lösungsvorschlag:

- Je 1 P pro sinnvollem Zustandsübergang incl. Beschriftung (max. 5 P)
(geringe Punktzahl, da Hin- und Rückweg meist nur Invers/Gegenteil)



Nachfolgend soll die technische Machbarkeit des Systems analysiert werden. Dabei liegt der Fokus in diesem Schritt auf der benötigten Hardware zur Umsetzung des Lane Keeping Assist.

- 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. (4 P.)

Lösungsvorschlag:

- Sensorik: (CMOS)-Kamera: Erkennung der Fahrstreifen
- Aktorik: Lenkaktor: Einstellen eines Lenkwinkels

- Je 1 P für Hardwarekomponente
- Je 1 P für passende Beschreibung

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

Lösungsvorschlag:

- Fehlerhafter Lenkeingriff
- Fahrstreifen nicht korrekt erkannt
- ...

- 2 P für sinnvolle und verständliche Fehlfunktion
- Abzüge für Unverständlichkeit, deutlich unkritische Fehler, ...

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

- **Unmittelbare Primärerhebungen (UP):**

Lösung:

Datenerhebungen direkt nach dem Unfall direkt am Unfallort,
Unfallerehebungen am Unfallort

- **Retrospektive Primärerhebungen (RP):**

Lösung:

Datenerhebungen andernorts und später, aber direkt am Unfallgut (z.B. an
den Verletzten in Kliniken oder an den Unfallfahrzeugen auf dem Schrottplatz)

- **Retrospektive Sekundärerhebungen (RS):**

Lösung:

Nutzung des Datenmaterials, das von anderer Seite in Primärerhebungen
bereits erhoben wurde

15.Aufgabe: Analyse und Bewertung FAS	a: / 2	b: / 2	c: / 8	/ 12
--	-----------	-----------	-----------	-------------

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 80 m, gemessen von der Fahrzeugfront zur möglichen Lage eines Objektes.

Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ beträgt 135 km/h und die des Fahrzeugs „Stau“ am Stauende 0 km/h. Die Gesamtmasse des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ ist 1900 kg und des Fahrzeugs „Stau“ 1500 kg. Bei allen Kollisionen handelt es sich um gerade zentrische Stöße zweier Scheiben und Sekundärkollisionen werden nicht betrachtet. Der k-Faktor ist konstant 0,1. Die eindimensionale Verletzungsrisikofunktion abhängig von der Geschwindigkeitsänderung Δv 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 $a_x = -6,0 \text{ m/s}^2$. 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	1500 kg
Geschwindigkeit Fahrzeug Notbremsassistent	135 km/h
Gesamtmasse Fahrzeug Notbremsassistent	1900 kg
Max. Verzögerung Fahrzeug Notbremsassistent	-6 m/s ²
Sichtweite Sensor	80 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	
	$\Delta v_1 = -\frac{m_2 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$
	$\Delta v_2 = \frac{m_1 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$

- a) Bestimmen Sie die Zeit t , die das Fahrzeug „Notbremsassistent“ nach der Detektion des Fahrzeugs „Stau“ bis zur Kollision verzögert. Sensor- oder Systemverzögerungszeiten sind hierbei zu vernachlässigen. (2 P.)

Lösung:

Bestimmung Zeit für die Verzögerung: (2P)

$$s = 0,5 \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t$$

$$t_{1,2} = -\frac{v_0}{a} \pm \sqrt{\frac{v_0^2}{a^2} + \frac{2s}{a}} = 2,73 \text{ s}$$

- b) Bestimmen Sie anhand der ermittelten Verzögerungszeit die durch den Aufprall der Fahrzeuge resultierende Geschwindigkeitsänderung des Fahrzeugs „Notbremsassistent“ ($\Delta v_{\text{Notbremsassistent}}$) (2 P.)
Falls Sie in Aufgabenteil a) kein Ergebnis berechnen konnten, verwenden Sie $t = 3,5 \text{ s}$

Lösung:

Bestimmung der Kollisionsgeschwindigkeit (1 P)

$$v = v_0 + a_{\text{Notbremsassistent}} \cdot t = 37,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,73 \text{ s} = 21,12 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 76,032 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Bestimmung der Geschwindigkeitsänderung für das Fahrzeug „Notbremsassistent“ (1P)

$$\Delta v_{\text{Notbremsassistent}} = -\frac{1500 \text{ kg} \cdot 1,1}{1500 \text{ kg} + 1900 \text{ kg}} \cdot (76,032 - 0) \frac{\text{km}}{\text{h}} = -36,898 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Lösung Notfallwert:

Bestimmung der Kollisionsgeschwindigkeit (1 P)

$$v = v_0 + a_{\text{Notbremsassistent}} \cdot t = 37,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3,5 \text{ s} = 16,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 59,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Bestimmung der Geschwindigkeitsänderung für das Fahrzeug „Notbremsassistent“ (1P)

$$\Delta v_{\text{Notbremsassistent}} = -\frac{1500 \text{ kg} \cdot 1,1}{1500 \text{ kg} + 1900 \text{ kg}} \cdot (59,4 - 0) \frac{\text{km}}{\text{h}} = -28,826 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- c) Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeiten für eine mindestens leichte, mindestens schwere, sowie tödliche Verletzung der Insassen des Fahrzeugs „Notbremsassistent“. (8 P.)

Falls Sie in Aufgabenteil b) kein Ergebnis berechnen konnten, verwenden Sie

$$\Delta v_{\text{Notbremsassistent}} = \left| -25 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right|.$$

Lösung:

Bestimmung des Verletzungsrisikos: (8 P) 1 Punkt für Formel z und Formel p sowie jeweils 1 Punkt für korrektes z sowie p

$$z(x) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta v_{\text{Notbremsassistent}}$$

Z mind. leichtverletzt = 1,45184

Z mind. schwerverletzt = -0,78612

Z getötet = -2,78612

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

P mind. leichtverletzt = 0,810 -> 81 %

P mind. schwerverletzt = 0,313 -> 31,3 %

P getötet = 0,0581 -> 5,8 %

Lösung Notfallwert $\Delta v_{\text{Notbremsassistent}} = -25 \text{ km/h}$:

Bestimmung des Verletzungsrisikos: (8 P) 1 Punkt für Formel z und Formel p sowie jeweils 1 Punkt für korrektes z sowie p

$$z(x) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta v_{\text{Notbremsassistent}}$$

Z mind. leichtverletzt = 0,5

Z mind. schwerverletzt = -1,5

Z getötet = -3,5

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

P mind. leichtverletzt = 0,622 -> 62,2 %

P mind. schwerverletzt = 0,182 -> 18,2 %

P getötet = 0,029 -> 2,9 %

Lösung Notfallwert $\Delta v_{\text{Notbremsassistent}} = -28,826 \text{ km/h}$:

Bestimmung des Verletzungsrisikos: (8 P) 1 Punkt für Formel z und Formel p sowie jeweils 1 Punkt für korrektes z sowie p

$$z(x) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta v_{\text{Notbremsassistent}}$$

Z mind. leichtverletzt = 0,806

Z mind. schwerverletzt = -1,270

Z getötet = -3,270

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

P mind. leichtverletzt = 0,691

-> 69,1 %

P mind. schwerverletzt = 0,219

-> 21,9 %

P getötet = 0,037

-> 3,7 %

16. Aufgabe: Aktuelle Systeme	a: / 4	b: / 5	c: / 2	/ 11
--------------------------------------	--------	--------	--------	-------------

- a) 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
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

- b) In welchem Abstand zu einem stehenden Fahrzeug muss ein Warnsystem mindestens warnen, um bei einer Reaktionszeit des Fahrers von $t_{\text{reak}} = 0.8 \text{ s}$ und einer maximalen Bremsleistung von $a_{\text{max}} = 6 \text{ m/s}^2$ (liegt konstant und unmittelbar nach Bremsbeginn an) einen Unfall gerade noch verhindern zu können? Das Fahrzeug fährt dabei mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $v_{\text{ego}} = 80 \text{ km/h}$. (5 P.)

$$d = v_{\text{ego}} * t_{\text{reak}} + 0.5 * a_{\text{max}} * t_{\text{brems}}^2 \quad (2 \text{ P.})$$

$$t_{\text{brems}} = \frac{v_{\text{ego}}}{a_{\text{max}}} \quad (1 \text{ P.})$$

$$d = v_{\text{ego}} * t_{\text{reak}} + 0.5 * \frac{v_{\text{ego}}^2}{a_{\text{max}}} \quad (1 \text{ P.})$$

$$d = 58,93 \text{ m} \quad (1 \text{ P.})$$

- c) Besonders für Auffahrsituationen wird ein Kennwert sehr häufig verwendet, um die Kritikalität der Fahrsituation zu charakterisieren. Dieser enthält unter anderem den Abstand d zum Objekt. Geben Sie den Namen des Kennwerts, die Formel und die Einheit an. (2 P.)

Time To Collision (0,5 P.):

$$TTC = \frac{d}{v_{\text{rel}}} = \frac{d}{v_{\text{ego}} - v_{\text{vorderfzg}}} \quad (1 \text{ P.}) \quad \text{Einheit: Sekunde (0,5 P.)}$$