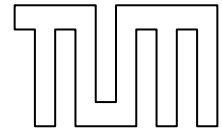


Lösungsvorschlag



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



Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 25.02.2020

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Die Prüfung besteht aus 14 Aufgaben auf 28 Blättern

Hilfsmittel: keine Unterlagen,
nur einfacher, nichtprogrammierbarer Taschenrechner,
nichtelektronisches Wörterbuch (wird während der Prüfung überprüft)

**Bitte verwenden Sie ausschließlich DOKUMENTENSICHERE Schreibgeräte und
NICHT die Farbe ROT.
Der Rechenweg ist anzugeben und wird mitbewertet.**

Name	Vorname	Matrikelnummer

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Punkte												
Punkte (maximal)	16	19	18	15	14	15	14	6	5	7	18	15
Aufgabe	13	14								Summe		
Punkte												
Punkte (maximal)	15,5	10								187,5		

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: / 6

b: / 5

c: / 5

/ 16

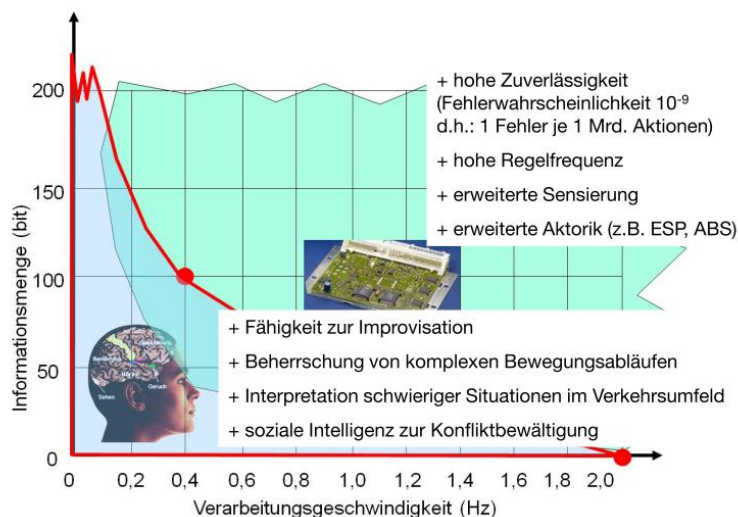
- a) Vergleichen Sie die Informationsverarbeitung des Menschen bei der Fahrzeugführung mit der eines technischen Systems. Nennen Sie dazu jeweils drei Vorteile. (6 P.)

Informationsverarbeitung bei der Fahrzeugführung durch...	Vorteile
Mensch	+
	+
	+
System	+
	+
	+

Je Vorteil 1 Punkt.



Zusammenfassung: Informationsverarbeitung durch den Menschen bei der Fahrzeugführung



3. Abgrenzung Stabilisierung / Bahnführung

1- 31

- b) Beschreiben Sie zunächst das Level 2 nach BAST. Erläutern Sie anschließend kurz, unter Einbeziehung der Ergebnisse von Aufgabe a), weshalb ein Level 2 System die Sicherheit und den Komfort im Straßenverkehr deutlich erhöhen kann. (5 P.)

Lösungsvorschlag:

- Level 2: Teilautomatisiert (1P)
- Das System übernimmt Quer- und Längsführung (für einen gewissen Zeitraum oder/und in spezifischen Situationen) (2P)
- In Bereichen wo Menschen Schwierigkeiten haben, können Systeme mehr leisten und so die Sicherheit erhöhen (System und Mensch ergänzen sich, s. „Spinne“ auf Folie 55) (2P)

- c) Beschreiben Sie zunächst das Level 4 nach BAST. Erläutern Sie anschließend kurz, unter Einbeziehung der Ergebnisse von Aufgabe a), weshalb ein Level 4 Fahrzeug aktuell noch Probleme hat, dasselbe Leistungsniveau wie ein handgeführtes Fahrzeug bereitzustellen. (5 P.)

Lösungsvorschlag:

- Level 4: Vollautomatisiert (1P)
- Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig in einem definierten Anwendungsfall, Fahrer muss nicht überwachen, System ist Rückfallebene und kann risikominimalen Systemzustand herbeiführen (2P)
- Algorithmen des automatisierten Fahrens (insb. Deep Learning) befinden sich noch in der Entwicklung und sind noch nicht so leistungsfähig wie der Mensch (s. „Spinne“ auf Folie 54). Durch den Wegfall der Komponente „Mensch“ ergeben sich entsprechende Leistungseinbußen. (2P)

2. Aufgabe: Sensorik I	a: / 6	b: / 3	c: / 10	/ 19
-------------------------------	--------	--------	---------	-------------

- a) Fahrstreifenmarkierungen können sowohl mittels Kamera als auch LIDAR detektiert werden. Beschreiben Sie kurz, wie die Detektion bei beiden Herangehensweisen funktioniert und begründen Sie, welche in der Praxis häufiger eingesetzt wird. (jeweils 2 P.)

Kamera:
Farb- / Helligkeitsunterschied zwischen Fahrbahn und Fahrstreifenmarkierung auf den aufgenommenen Bildern wird verwendet, um die Markierungen mittels Kantendetektion zu erkennen. (Alternativ können auch Algorithmen des maschinellen Sehens angewendet werden.)
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.
Einsatz in Praxis:
In der Praxis häufig mit Kamera, weil Sensorik günstiger und trotzdem robuste Detektion möglich.

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

1)	Amplitudenmodulation
2)	Frequenzmodulation
3)	Phasenmodulation

- c) Sie bekommen Messdaten von einer Testfahrt auf einer Autobahn. Diese enthalten Dopplerfrequenzen f_{Doppler} eines Radarsensors zu verschiedenen Objekten mit einer Auflösung von 20 Hz. Die Messdaten enthalten Dopplerfrequenzen f_{Doppler} im Bereich von -14,2 kHz bis 17,0 kHz. Zusätzlich haben Sie Zugriff auf die Geschwindigkeit des Ego-Fahrzeugs v_{ego} . Daraus können Sie entnehmen, dass das Ego-Fahrzeug mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v_{\text{ego}} = 100 \text{ km/h}$ gefahren ist. Sie wissen allerdings nicht, welche Frequenz f_0 der bei den Messungen verwendete RADAR besitzt. Verwenden Sie zwei gängige Frequenzen f_0 von Radarsensoren und berechnen Sie für die minimal und maximal aufgetretene Dopplerfrequenz f_{Doppler} die Objektgeschwindigkeit v_{obj} . Schließen Sie auf Basis der Ergebnisse auf die korrekte Frequenz f_0 des verwendeten Radarsensors. (10 P.)

Annahmen: Die Relativgeschwindigkeit v_{rel} zwischen dem Ego-Fahrzeug und einem Objekt ist negativ, wenn sich der Abstand zwischen Ego-Fahrzeug und Objekt verringert.

Formel zur Berechnung der Dopplerfrequenz:

$$f_{\text{Doppler}} = 2 \frac{v_{\text{rel}}}{c} f_0$$

Formelmäßiger Zusammenhang zwischen v_{rel} , v_{obj} und v_{ego}

$$v_{\text{rel}} = v_{\text{obj}} - v_{\text{ego}}$$

Formel zur Berechnung der Objektgeschwindigkeit:

$$\frac{f_{\text{Doppler}} c}{2f_0} = v_{\text{rel}} \rightarrow v_{\text{obj}} = \frac{f_{\text{Doppler}} c}{2f_0} + v_{\text{ego}}$$

Mögliche Frequenz des Radarsensors 1: $24 \cdot 10^9$ Hz (24-26 im Skript genannt)

Relativgeschwindigkeit für minimale und maximale Dopplerfrequenz:

Min:

$$\begin{aligned} v_{\text{obj}} &= \frac{f_{\text{Doppler}} c}{2f_0} + v_{\text{ego}} \\ &= \frac{-14,2 \cdot 10^3 \text{ Hz} \cdot 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2 \cdot 24 \cdot 10^9 \text{ Hz}} \\ &\quad + 100/3,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ &= -219 \frac{\text{km}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Max:

$$v_{\text{obj}} = 483 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Mögliche Frequenz des Radarsensors 2: $77 \cdot 10^9$ GHz (76-81 im Skript genannt)

Relativgeschwindigkeit für minimale und maximale Dopplerfrequenz:

Min:

$$v_{\text{obj}} = 0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Max:

$$v_{\text{obj}} = 219 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Frequenz des verwendeten Radarsensors mit Begründung:

Die berechneten Objektgeschwindigkeiten für einen 24 GHz Sensor treten in Realität nicht auf Autobahnen auf → Verwendeter RADAR weist eine Frequenz von 77 GHz auf.

3. Aufgabe: Sensorik II	a: / 9	b: / 3	c: / 6	/ 18
--------------------------------	--------	--------	--------	-------------

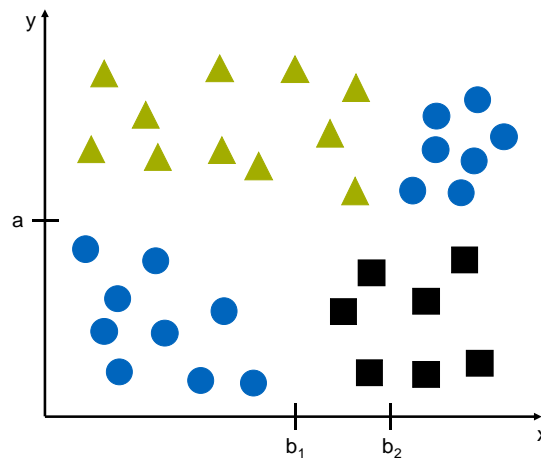
- a) Erklären Sie kurz das Time-of-Flight-Prinzip inklusive der für die Berechnung notwendigen Formel. Berechnen Sie anschließend sowohl für einen Ultraschallsensor als auch für einen LIDAR, wie lange die Time-of-Flight bei maximaler Reichweite des Sensors ist. Verwenden Sie für die maximale Reichweite einen für den Sensortyp repräsentativen Wert. Welche Auswirkung haben die Ergebnisse auf die Anforderungen an die Messtechnik zur Messung der Time-of-Flight? (9 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.
Ultraschall	
Reichweite:	1,5 bzw. 4-5 m im Skript genannt
Berechnung:	$t = \frac{2d}{c_0}$ mit $c_0 = 340 \text{ m/s}$ $t_{US} = 29 \text{ ms}$
LIDAR	
Reichweite:	100-200 m im Skript genannt
Berechnung:	$t = \frac{2d}{c_0}$ mit $c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ $t_{LIDAR} = 667 \text{ ns}$
Anforderung an die Messtechnik	
Aufgrund der um mehrere Größenordnungen kürzeren ToF bei LIDAR Sensoren muss die Messung der Laufzeit mit deutlich höherer Genauigkeit erfolgen.	

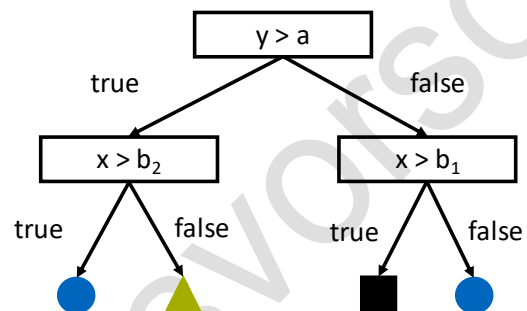
- b) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Clustering und Klassifikation. (3 P.)

Klassifikation gehört zur Gruppe des überwachten Lernens bei dem die Klassen vorab bekannt sind. Beim Clustering werden die Klassen hingegen erst gesucht, es handelt sich um unüberwachtes Lernen.

- c) Gegeben sei folgende Verteilung von exemplarischen Messdaten mit den dazugehörigen Klassen:



Erstellen Sie einen Entscheidungsbaum zur Unterscheidung der drei beteiligten Klassen (● ▲ ■) (6 P.)



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

Sie entscheiden sich mit einem Freund dazu, eine autonome Rennserie mit RC-Autos (kleine ferngesteuerte Modelle) aufzubauen.

- a) Aus der FAS-Vorlesung wissen Sie, dass eine Eigenbewegungsschätzung notwendig ist. Nennen Sie 2 Beispiele, wo im Fahrzeug diese allgemein benötigt wird. (2 P.)

Je 1 P.

ESP Steuergerät

Umfeldmodel – Umwandlung relative Geschwindigkeit aus Radar zu absoluter

- b) Sie entscheiden sich, nur den Beschleunigungssensor Ihres Handys zu nutzen, um die Position x , die Geschwindigkeit v und die Beschleunigung a zu bestimmen. Ihr Freund möchte diese Werte über sein Handy GPS ermitteln. Wie ist es möglich, mit einem Sensor, der nur einen der Werte messen kann, auch die anderen zu bestimmen? Benennen und beschreiben (high-level) Sie das in der Vorlesung vorgestellte Konzept. (2 P.)

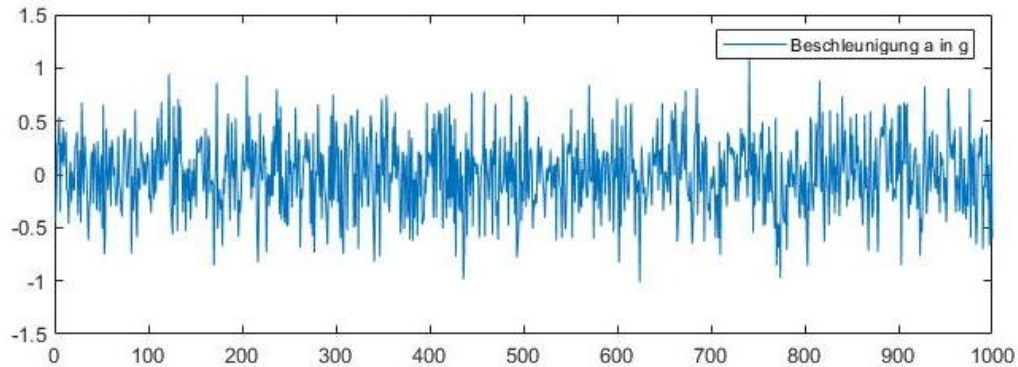
Schlüsselwörter: 1 = 1P 2 = 1,5 P 3 = 2 P

Tracking/Kalman Filter

Historie über Zeit

Bewegungsmodell

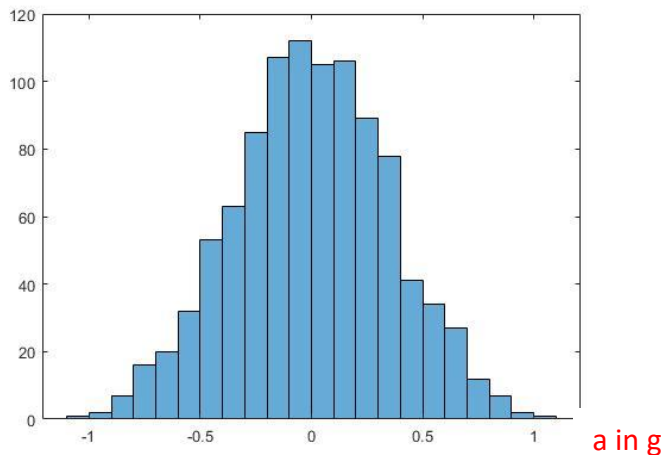
- c) Sie haben Ihr Handy auf dem RC-Fahrzeug montiert und die Daten des Beschleunigungssensors visualisiert. Während das Fahrzeug (und damit auch das Handy) vollkommen still stehen, werden folgende Beschleunigungen gemessen:



Der Shapiro-Wilk-Test bestätigt ihre Vermutung, dass die Daten normalverteilt sind. Zeichnen Sie eine passende Verteilungskurve (Achsen beschriften) und schätzen Sie den Mittelwert μ und die Standardabweichung σ ab. (3 P.)

$$\mu = 0 \quad \sigma = 0,33$$

Häufigkeit
absolut
oder in
Prozent

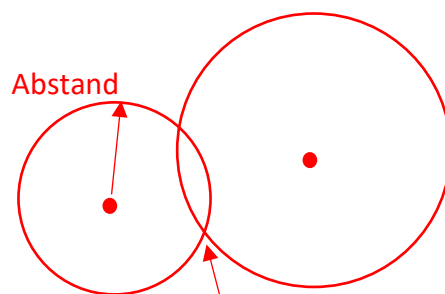


Je 1 P
Mittelwert muss 0 sein
Stdabw zwischen 0,25 und 0,5
Passende Gausslocke

-0.5 für falsche/fehlende
Achsenbeschriftung

(Bild nur für die Musterlösung!)

- d) Ihr Kollege zeigt Ihnen, wie gut seine GPS Lokalisierung läuft. Skizzieren Sie die Funktionsweise von GPS (reduziert auf 2D) und nennen Sie die vier Unbekannten, die durch die Verwendung von GPS bestimmt werden können. (3 P.)



Position X
Position Y
Position Z
Abweichung Uhrenfehler

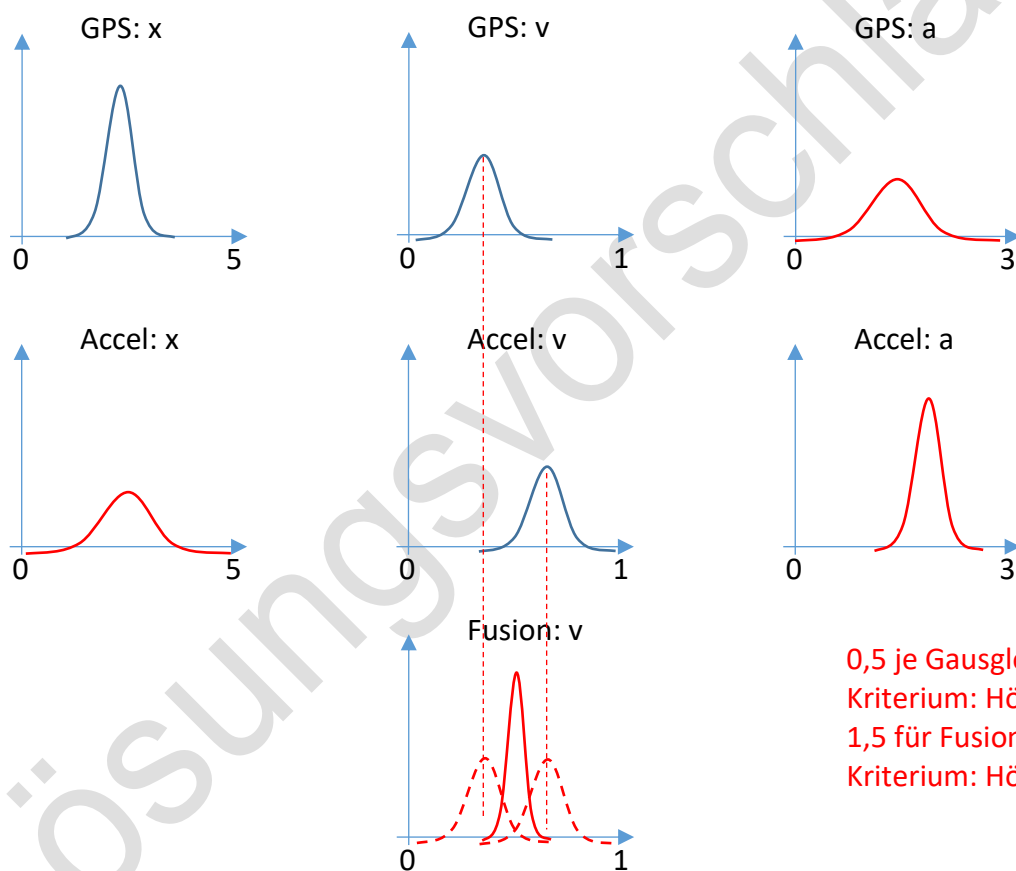
Je 0,5 P.

1 P für Prinzip

Position im Schnittpunkt

- e) Sie starten Ihr erstes autonomes Rennen, doch wegen des fehlenden Umfeldmodells fährt Ihr Auto vor die Wand und erleidet einen irreparablen Schaden am Fahrgestell. Sie entscheiden sich dafür, nun beide Handys auf einem Auto anzubringen und die Sensordaten zu fusionieren.

Die folgenden Plots zeigen die Genauigkeit der Position x , der Geschwindigkeit v und der Beschleunigung a in einem Zeitschritt k für nur GPS und nur Beschleunigungssensor (Accel). Skizzieren Sie die fehlenden Gaußglocken. Skizzieren Sie außerdem die Gaußglocke für die fusionierte Geschwindigkeit von GPS und Accel. (3 P.)



0,5 je Gaussglocke GPS/Accel
Kriterium: Höhe und Breite
1,5 für Fusionierte
Kriterium: Höhe/Breite/Position

- f) Nun da Sie eine funktionierende Eigenbewegungsschätzung implementiert haben, möchten Sie mit der Umfeldwahrnehmung beginnen. Beschreiben Sie ein Setup mit den zwei Handys, welches eine Umfeldwahrnehmung ermöglicht und eine Sensorfusion beinhaltet. Was kann damit wahrgenommen werden und was wird erst durch die Sensorfusion ermöglicht? (2 P.)

Stereovision mit beiden Handykameras (0,5 P)
Mit Monokamera: Farbwerte (0,5 P)
Durch Sensorfusion: Tiefeninformation (1 P)

5. Aufgabe: Funktionslogik	a: /6	b: /4	c: /4	/ 14
-----------------------------------	-------	-------	-------	-------------

- a.) Sie sollen auf einem ACC Steuergerät die Zielobjektauswahl implementieren. Dazu müssen Sie zunächst die Krümmung der aktuell durchfahrenen Trajektorie des EGO-Fahrzeugs bestimmen. Aus der Vorlesung sind Ihnen vier verschiedene Ansätze zur Krümmungsberechnung bekannt. Nennen Sie diese (ohne Gleichung) sowie jeweils eine Stärke und eine Schwäche. (6 P.)

Ansatz:	Stärke:	Schwäche:
Lenkradwinkel	-Empfindlichkeit kleine v -Offsetdrift	-Seitenwind -Straßenquerneigung -Empfindlichkeit große v
Querbesehleunigung	-Seitenwind -Radradius Toleranzen -Empfindlichkeit große v	-Offsetdrift -Empfindlichkeit kleine v -Straßenquerneigung
Gierrate	-Seitenwind -Straßenquerneigung -Radradius Toleranzen	-Offsetdrift
Differenz Radgeschw.	-Seitenwind -Straßenquerneigung -Offsetdrift	-Radradius Toleranzen -Empfindlichkeit kleine v -Empfindlichkeit große v

Je richtiges Kästchen 0,5 P.

- b.) Nennen Sie zwei Arbeitshypothesen welche zusätzlich getroffen werden, um den zukünftigen Kurs zu präzisieren. Nennen Sie zusätzlich jeweils eine Situation in der diese Arbeitshypothese nicht zutreffend ist. (4 P.)

Arbeitshypothese:	Nicht zutreffend bei:
Aktuelle Krümmung wird beibehalten	- Kurvenein- und ausfahrten - Eigenem Fahrstreifenwechsel - Lenkfehler des Fahrers
Objekte und ACC-Fahrzeuge bleiben auf ihrem Fahrstreifen	- Ein- oder ausschierenden Objekten - Eigenem Fahrstreifenwechsel - Erstzuordnung von Objekten

Je richtiges Kästchen 1 P.

- c.) Sie sind mit dem bisherigen Ergebnis Ihrer Zielobjektauswahl noch nicht zufrieden. Sie entscheiden sich deshalb, sowohl die Kursprädiktion als auch die Zuordnung von Fahrzeugen zum prädizierten Kurs zu optimieren. Nennen Sie jeweils zwei Maßnahmen zur Optimierung (4 P.)

	Maßnahmen zur Optimierung
Kursprädiktion	<ul style="list-style-type: none"> • •
Zuordnung zum Fahrkorridor	<ul style="list-style-type: none"> • •

Lösungsvorschlag:

Je richtige Maßnahme 1 P.

Maßnahmen zur Optimierung der Kursprädiktion:

- Mischung der Ergebnisse verschiedener Arbeitshypothesen
- Beobachtung der Objekttrajektorien
- Situationsabhängige Gewichtung der Ansätze (mehr Historie bei „alten“ Objekten und in „ruhigen“ Situationen, dadurch auch Reduktion der Auswirkung von Lenkunruhe)

Maßnahmen zur Verbesserung der Zuordnung:

- Anwendung qualitativer Methoden (Fuzzy-Logik) für Fahrschlauchkorrektur
- Mittelung für Zugehörigkeitsfunktion
- Spätes Loslassen des Zielobjekts
- Optimierung der Fahrschlauchkontur für besten Kompromiss zwischen Nebenspurstörungen und Spätreaktionen
- Fahrschlauchbreite als (dynamischer) Optimierungsparameter

6. Aufgabe: Funktionale Systemarchitektur	a: /4	b: /3	c: /4	d: /4	/ 15
--	-------	-------	-------	-------	-------------

- a) Tragen Sie die drei Kernschritte der Funktionslogik einer automatisierten Fahraufgabe in logischer Reihenfolge in die erste Spalte der untenstehenden Tabelle ein (je Schritt eine Zelle). (4 P.)
- b) Beschreiben Sie jeweils mögliche Ausprägungen / Resultate der Funktionslogik-Schritte für das Szenario „Autonomes Fahrzeug muss in einen sicheren Zustand überführt werden, weil ein Fehler im System festgestellt wurde“. (3 P.)

Funktionslogik	Szenario „Autonomes Fahrzeug“

Lösungsvorschlag:

- a) Je 1P. für korrekten Begriff + 1P. für korrekte Reihenfolge
- b) Je 1P. für schlüssige Beschreibung

Funktionslogik	Szenario „Autonomes Fahrzeug“
Situationsinterpretation	Fehler im System detektiert
Verhaltensgenerierung	Berechnung von Notlauftrajektorien / -aktionen
Verhaltensentscheidung	Auswahl der „besten“ Notlauftrajektorie

- c) Im Rahmen der Vorlesung wurden zwei Klassen der Entscheidungsverfahren vorgestellt. Nennen Sie die beiden Klassen und geben Sie jeweils ein Beispiel. (4 P.)

Lösungsvorschlag:

Diskrete Entscheidungsverfahren (1P): Zustandsautomaten, Entscheidungsbäume (für passendes Beispiel 1P)

Kontinuierliche Entscheidungsverfahren (1P): Globale Optimierung, Predictive Risk Maps, Sampling, Zielpunktauswahl, Neuronale Netze (für passendes Beispiel 1P)

- d) Um den softwaregestützten Aktor-Eingriff zu ermöglichen, sind verschiedene Lenkkonzepte möglich. Der Einsatz redundanter Systeme sichert dabei den Ausfall elektrischer Komponenten ab. Nennen Sie vier mögliche Redundanzkonzepte für eine elektrisch ansteuerbare Lenkung. (4 P.)

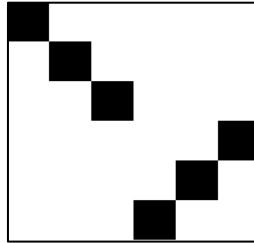
Lösungsvorschlag (jew. 1P.):

- Elektromechanische Lenkung
- Steer-by-wire mit 2 Aktuatoren (jew. an Achse und Lenkrad)
- Steer-by-wire mit 1 Aktuator aber je zwei Wicklungen
- Steer-by-wire mit Torque Vectoring als Redundanz

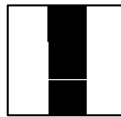
7. Aufgabe: Deep Learning	a: / 6	b: / 2	c: / 4	d: / 2	/ 14
----------------------------------	--------	--------	--------	--------	-------------

- a) Gegeben ist ein Input Layer und zwei Filter eines Convolutional Layer. Zeichnen Sie qualitativ die dazugehörigen Activation Maps.

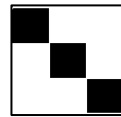
Input Layer:



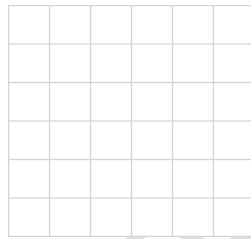
Filter1:



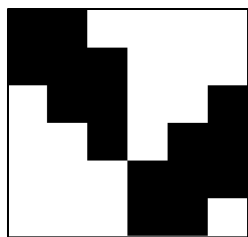
Filter2:



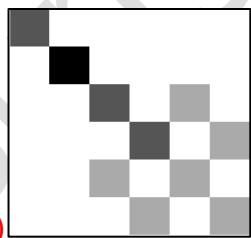
Lösungsbereich:



Musterlösung:

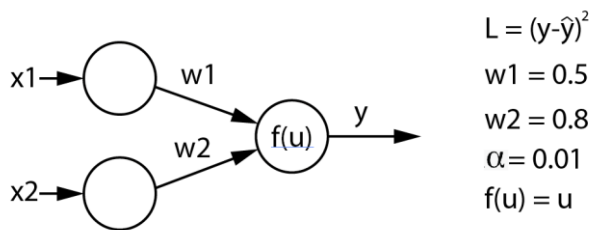


(3P)



(3P)

Gegeben ist ein einzelnes Neuron mit zwei Eingängen:



b) Berechnen Sie den Fehler L für den Datenpunkt $(x_1, x_2, \hat{y}) = (1, 1, 2)$ (2 P.)

$$f(u) = u = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 = 0.5 \cdot 1 + 0.8 \cdot 1 = 1.3 \text{ (1P)}$$

$$L = (1.3 - 2)^2 = 0.49 \text{ (1P)}$$

c) Wie groß ist die Änderung des Gewichtes w_1 in einem „Backpropagation“ Schritt für die gegebene Lernrate α ? (4 P.)

$$\begin{aligned}
 \Delta w_1 &= -\alpha \frac{\partial L}{\partial w_1} \\
 &= -\alpha \frac{\partial (x_1 w_1 + x_2 w_2 - \hat{y})^2}{\partial w_1} \\
 &= -\alpha 2 x_1 (x_1 w_1 + x_2 w_2 - \hat{y}) \\
 &= -0.01 \cdot 2 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 0.5 + 1 \cdot 0.8 - 2) = 0.014
 \end{aligned}$$

Jede Zeile 1P

d) Berechnen Sie die Ausgangsmatrix eines 2x2 AveragePool Layers für die gegebene Eingangsmatrix! (je Feld 0,5 P.)

Eingangsmatrix:

0.9	1.0	-17.0	-21.0
1.0	1.1	-11.0	-15.0
-5.0	0.9	10.0	0.0
0.5	-0.3	-3.0	1.0

Ausgangsmatrix:

1	-16
-0.975	2

8. Fahraufgabe und Mensch-Maschine-Schnittstelle	a: /2	b: /2	c: /2	/ 6
---	-------	-------	-------	------------

a) Nennen Sie vier ergonomische Empfehlungen für die Gestaltung von Rückmeldungen im Fahrzeug. (2P)

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

Je 0,5P, maximal 1,5P.

b) Nennen Sie die Elemente des SEEV-Modells, welche die Wahrscheinlichkeit einer Blickzuwendung bestimmen. (2P)

- Auffälligkeit (Saliency)
- Anstrengung (Effort)
- Erwartung (Expectancy)
- Wert (Value)

Je 0,5P, maximal 2P.

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

Bottom-up: System triggert Aufmerksamkeit des Nutzers durch Anzeige/Warnton -> Hinwendungsreaktion wird ausgeführt, d.h. Aufmerksamkeit wird fertigkeitstbasiert gelenkt (1P)

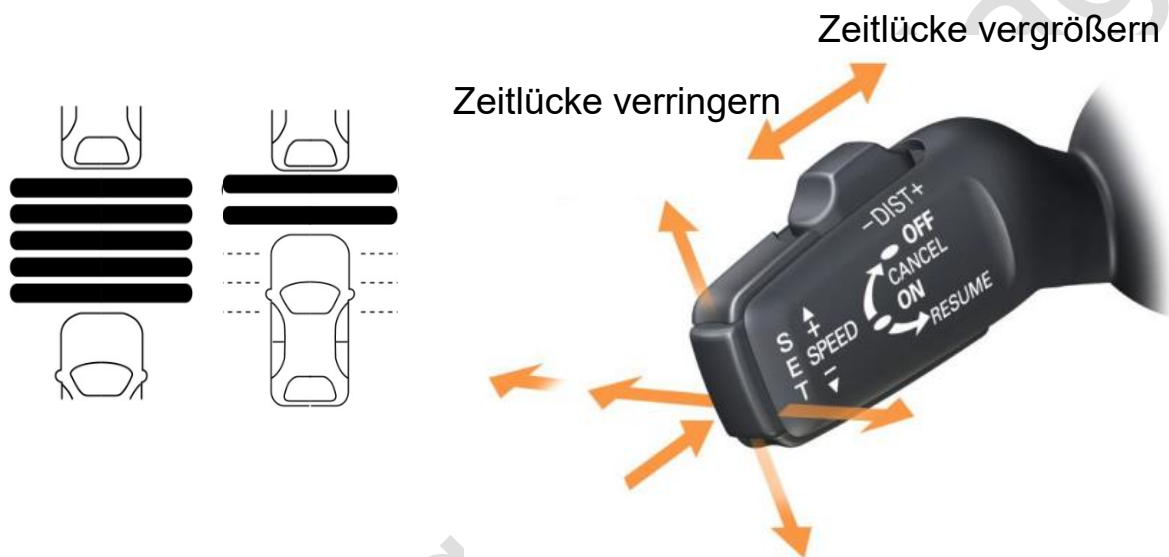
Top-down: Nutzer erwartet ein Ereignis -> Nutzer lenkt Aufmerksamkeit bewusst und aktiv in bestimmte Richtung (z.B. neue Verkehrssituation) (1P)

9. Kompatibilität	a: /2	b: /1	c: /2	/ 5
--------------------------	-------	-------	-------	------------

- 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 äußeren 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. (2 P)



Primäre äußere Kompatibilität:

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

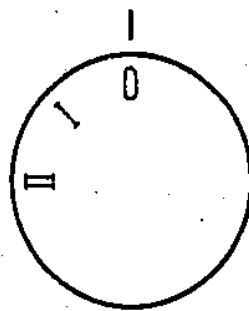
Je 1P für Bewertung und Begründung. Maximal 2P.

- b) Erklären Sie anhand der Abbildung aus Aufgabenteil a), wie durch eine Verbesserung des ACC-Hebels die primäre äußere Kompatibilität verbessert werden kann. (1P)

Lösung: (wichtig: Verstellung des Abstands in vertikaler Richtung)



- c) Bewerten Sie das dargestellte Stellteil hinsichtlich Kompatibilitäten. (2P)



- Bewegungsrichtung: korrekt (im Uhrzeigersinn) -> primäre innere Kompatibilität gegeben (1P)
- Beschriftungsrichtung: falsch (gegen den Uhrzeigersinn) -> sekundäre Kompatibilität nicht gegeben (1P)

10. Folgen durch Fahrerassistenzsysteme/Automation	a: /4	b: /1,5	c: /1,5	/ 7
---	----------	------------	------------	------------

a) Von Lisanne Bainbridge wurden sogenannte „Ironies of Automation“ formuliert. Erläutern Sie zwei dieser in der Vorlesung besprochenen Ironien. (4P)

- Weil der Mensch die zur Benutzung des Systems erforderlichen **Fähigkeiten nicht mehr oft anwendet**, verlernt er sie und hat das notwendige Wissen in einer möglichen **Notsituation** nicht mehr parat. Je besser ein automatisiertes System funktioniert, desto besser müssen die die Bediener für Übernahme-situationen ausgebildet und trainiert sein.
- Der Mensch ist **als Überwacher ungeeignet** (monotone Tätigkeit). In der plötzlich auftretenden Notsituation (Übernahme), fehlt ihm die **Kenntnis über den aktuellen Zustand des Systems** (Mode Awareness). Die Überwachung ist letztlich eine unmögliche Aufgabe: der Computer übernimmt die Entscheidungen, die der Mensch nicht mehr treffen kann, aber der Mensch soll überwachen, ob der Computer korrekt entscheidet.

(je 2P)

b) Erläutern Sie den Begriff Vigilanz. (1,5P)

Fähigkeit zur genauen **Wahrnehmung** und **Reaktionsbereitschaft** (je 0,5P) auf seltene Reize über **einen langen Zeitraum** hinweg (Daueraufmerksamkeit). (0,5P)

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

- I. Neigung zur Beschäftigung mit Nebenaufgaben
- II. Rückzug aus der unterstützten Fahraufgabe
- III. Steigerung der Aufmerksamkeit

Ersetzend,
ersetzend,
warnend

(je 0,5P)

11.ASIL Modell und Controllability	a:	b:	c:	d:	e:	f:	g:	
	/0,5	/1	/2	/1,5	/4	/6	/3	/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 5 Sekunden eine Kollision.
2. **Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit 200 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.

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: (0,5 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (0,5 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: (1 P.)

Fehlerbilder	Controllability - C (0,5 P. für beide richtigen Antworten)	Begründung (0,5 P. für beide richtigen Antworten)
1. Verzögerung	C1	Beispiele: - Aufmerksamer Fahrer - Reaktionszeit ausreichend (5 s)
2. Blockierbremsung	C3	Beispiele: - -> schwer kontrollierbar (200 km/h) - Normalfahrer unkontrollierbar

Weitere Fragen zum ASIL-Modell und zur Controllability:

- c) Wie lässt sich ein ASIL C durch Dekomposition über ASIL A_(C) redundant aufteilen? (2 P.)

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

- d) Geben Sie die Faktoren für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (1,5 P. für ausgeschriebene Namen)

Auftretensfrequenz des Gefahrenereignisses (f), Beherrschbarkeit (C), mögliche Schadensauswirkung (S)

- e) Nennen Sie 4 Themenbereiche, die der Code of Practice zur Erstellung der Funktionsbeschreibung behandelt (4 P.)

Zum Beispiel:

- Überblick der Systemkomponenten, ihrer Aufgaben und Beziehungen
- Systemzustände, Übergänge und Aktionen
- Aktivierungs- und Deaktivierungsvorgänge
- Systemreaktionen auf korrekte Fahrereingaben

- f) Nennen sie drei Hauptthemen der Checkliste B in Bezug auf den Fahrer? (6 P. -> je 2 P.)

Wahrnehmung durch den Fahrer, Handlungsentscheidung des Fahrers, Ausführung durch den Fahrer

- g) In welche drei Fahraufgaben kann die Fahreraktivität grundsätzlich klassifiziert werden? (3 P.)

Stabilisieren
Manövrieren
Navigieren

12. Aufgabe: Entwicklung

a: /4

b: /3

c: /3

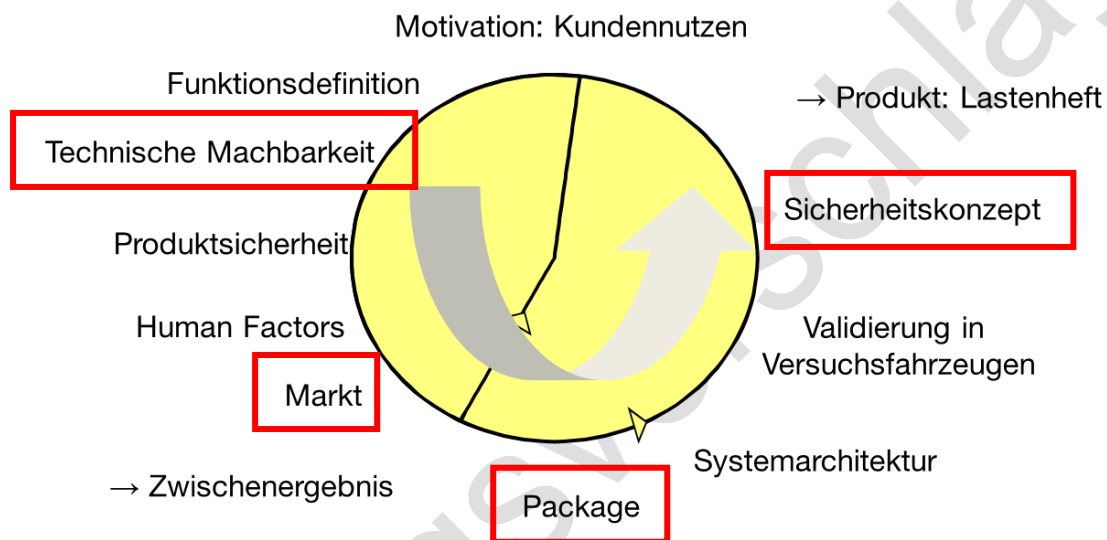
d: /3

e: /2

/ 15

In der Vorlesung wurde die von Prof. Maurer (TUBS) entwickelte Methode für den systematischen Entwurf von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt. Im Folgenden soll ein Konzept für ein vollautomatisiertes Parksystem (ohne Überwachung) entwickelt werden. Im Rahmen dessen werden exemplarisch vier Teilschritte des Entwicklungsprozesses durchlaufen.

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

Lösungsvorschlag:

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

Das zu entwickelnde vollautomatisierte Parksystem soll folgende Eigenschaften erfüllen:

- Erkennung und Meldung (HMI) einer möglichen Parkposition
- Nach Aktivierung des Fahrers parkt das Fahrzeug eigenständig ein und schaltet sich anschließend ab

- b) Beschreiben Sie stichpunktartig jeweils eine zentrale Aufgabe im Bereich Sensorik und Aktorik, die vom System erfüllt werden muss. Geben Sie dazu je ein Beispiel für eine geeignete Hardwarekomponente. (3 P.)

Lösungsvorschlag:

- Sensorik: LIDAR / Ultraschall: Erkennung/Vermessung der Parklücke
- Aktorik: Lenkaktor: Einstellen eines Lenkwinkels
- Je 0,5 P für passende Hardwarekomponente
- Je 1 P für passende Beschreibung

- c) Nennen Sie (stichpunktartig) zwei grundlegende Erkenntnisse bei der Analyse im Teilschritt „Markt“. Geben Sie anschließend eine Einschätzung des Systems für das Zwischenergebnis des Entwicklungsprozesses ab. (3 P.)

Lösungsvorschlag:

- Großer Hype von automatisierten Funktionen (bereits existierende Systeme)
- Rechtliche Hürden für Hoch- und Vollautomation
- ➔ Aufgrund Vollautomation aktuell nicht marktfähig. Folglich Automatisierungsgrad überdenken!
- Je plausibler Erkenntnis 1P. (max. 2P.)
- Für eine passende Einschätzung des Systems für das Zwischenergebnis 1P.

- d) Beschreiben Sie das zentrale Ziel des Teilschrittes „Package“ und nennen Sie vier Faktoren, die die „Einbauposition“ beeinflussen können. (3 P.)

Lösungsvorschlag:

- Ziel: Unterbringung aller benötigten Komponenten
- Einflussfaktoren „Einbauposition“:
 - Benötigte Einbauposition für Sensorperformance (z.B. Kamera)
 - Design
 - Konkurrierende Platzanforderungen
 - Leitungslänge
 - Schadenseinfluss
- Ziel 1P., je Einflussfaktor 0,5P. (max. 2P.)

- e) Die ASIL-Einstufung wird auch im Rahmen des Entwicklungsprozesses nach Maurer behandelt. Nennen Sie den Teilschritt des Entwicklungsprozesses, der diese Einstufung mit vorsieht. Nennen Sie darüber hinaus die relevante Norm für Aspekte der funktionalen Sicherheit. (2 P.)

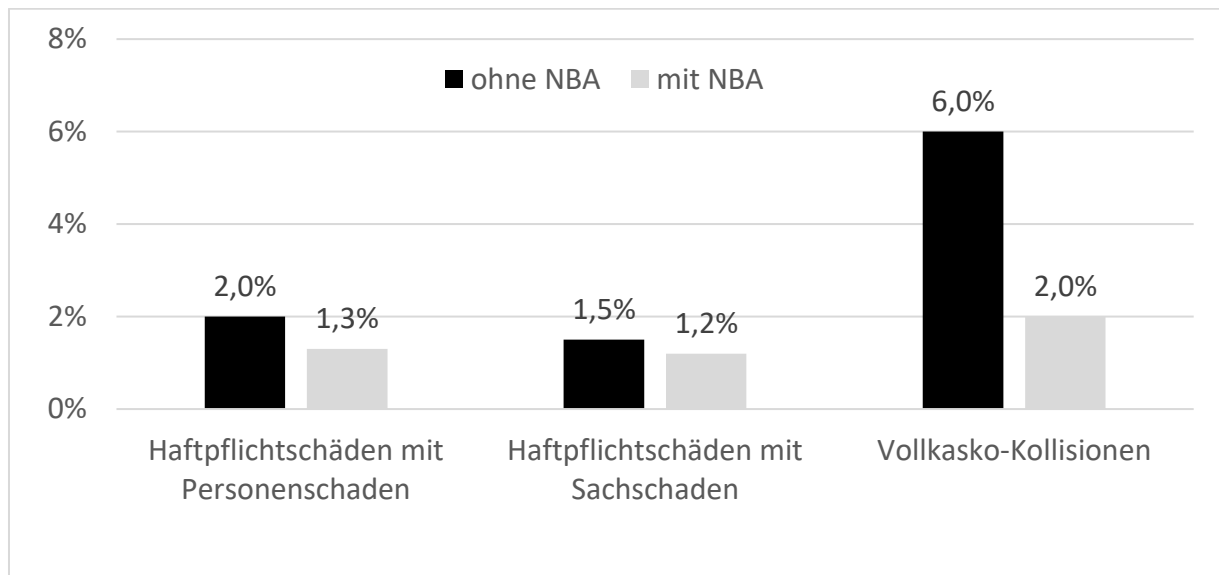
Lösungsvorschlag:

Phase: „Sicherheitskonzept“ (1P)

ISO 26262 (1P)

13. Analyse und Bewertung FAS	a:	b:	c:	d:	e:	
	/3	/2	/6,5	/2	/2	/ 15,5

Sie haben einen neuartigen Notbremsassistenten (NBA) entwickelt und auf den Markt gebracht. Drei Jahre nach Markteinführung wollen Sie den Nutzen Ihres NBA abschätzen. Hierzu liegen Ihnen die NBA-relevanten Schadenfälle bezogen auf die Gesamtschäden bei Fahrzeugen mit und ohne NBA vor.



a.) Vervollständigen Sie hierzu zunächst folgende Tabelle mit Hilfe der gegebenen Grafik. (3 P.)

	Alle Unfälle ohne NBA	Alle Unfälle mit NBA	Relevante Unfälle ohne NBA	Relevante Unfälle mit NBA
Haftpflichtschäden mit Personenschaden	425	220	8,5	2,86
Haftpflichtschäden mit Sachschaden	220	250	3,3	3
Vollkasko-Kollisionen	410	320	24,6	6,4

b.) Beschreiben Sie was durch den **Odds Ratio** angegeben wird. (2 P.)

Der Odds Ratio gibt das **Verhältnis von tatsächlichen und erwarteten relevanten Unfällen für ein bestimmtes FAS** an.

c.) Geben Sie die allgemeine Formel zur Berechnung des Odds Ratio und des Nutzens für ein Fahrerassistenzsystem an. Ergänzen Sie zudem die gegebene Tabelle. (6,5 P.)

- **OR =**

- **Nutzen =**

	OR	Nutzen
Haftpflichtschäden mit Personenschaden	0,65	35%
Haftpflichtschäden mit Sachschaden	0,88	12%
Vollkaskokollisionen	0,33	67%

Lösungsvorschlag:

Je richtige Formel 1P.

Je richtiger OR 1P.

Je richtiger Nutzen 0,5 P.

$$OR = \frac{\frac{\text{Relevante Unfälle}_{\text{mit FAS}}}{\text{Alle Unfälle}_{\text{mit FAS}}}}{\frac{\text{Relevante Unfälle}_{\text{ohne FAS}}}{\text{Alle Unfälle}_{\text{ohne FAS}}}}$$

$$\text{Nutzen}_{\text{FAS}} = 1 - OR$$

d.) Beschreiben Sie in Worten, welche Aussage der OR über den NBA bei „Haftpflichtschäden mit Personenschaden“ trifft. (2 P.)

Ohne NBA wären **1,5 mal** so viele NBA-relevante Haftpflichtschäden mit Personenschaden erwartet worden wie mit NBA

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

- **Wirkungsfeld =**

- **Wirkungsgrad =**

Lösungsvorschlag:

Analyse mit Wirkungsfeld und Wirkungsgrad

Prospektive Bewertungsmethodik

- „Das Wirkungsfeld eines Sicherheitssystems beschreibt dabei alle Situationen, in denen das System gemäß seiner Systemidee wirken kann.“

Generische Betrachtung eines FAS:

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

- Real kann ein FAS nicht jeden Unfall vermeiden:

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

14. Aufgabe: Aktuelle Systeme

a: / 3

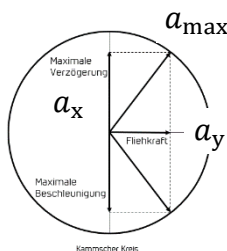
b: / 7

/ 10

- a) Nennen Sie je drei verschiedene Fahrerassistenzsysteme, die den Fahrer in der Längs- bzw. Querführung unterstützen. Schreiben Sie dabei die Namen der Fahrerassistenzsysteme aus → Abkürzungen alleine geben keine Punkte. (3 P.)

Längsführung	
1)	Adaptive cruise control
2)	Autonomous emergency braking
3)	Forward Vehicle collision warning
Querführung	
1)	Lane keeping assist
2)	Lane departure warning
3)	Lane change assist

- b) Sie entwickeln ein Fahrerassistenzsystem, das Ausweichmanöver durchführen kann. Für die Auslegung des Systems soll der Kammsche Kreis als Näherung verwendet werden. Wie groß darf die maximale Querbeschleunigung $a_{y,\max}$ des Systems in Abhängigkeit der aufgebrachten Längsbeschleunigung a_x bei trockener Fahrbahn ($\mu = 0,8$) und einer Fahrzeugmasse von $m = 1500$ kg sein? Fertigen Sie dabei auch eine Skizze des Kammschen Kreises an und tragen Sie die relevanten Größen ein. Berechnen Sie zudem die maximal mögliche Querbeschleunigung im Ausweichmanöver, wenn zugleich eine Verzögerung von $2 \frac{m}{s}$ aufgebracht wird. (7 P.)



$$F_R = \mu * F_G = \mu * m * g = m * a_{\max} = F_a$$

$$a_{\max} = \mu * g = 0,8g = 7,85 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Kammscher Kreis: } F_{\max}^2 = F_x^2 + F_y^2 \rightarrow a_{\max}^2 = a_x^2 + a_y^2$$

$$|a_{y,\max}| = \sqrt{a_{\max}^2 - a_x^2}$$

$$|a_{y,2}| = 7,59 \text{ m/s}^2$$