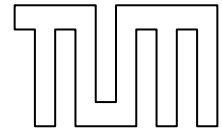


# Lösungsvorschlag



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



## Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 25.08.2017

**Bearbeitungszeit: 90 Minuten**

Die Prüfung besteht aus 17 Aufgaben auf 29 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)	6	6	18	18	6	18	17	18	6	8	4	18
Aufgabe	13	14	15	16	17					Summe		
Punkte												
Punkte (maximal)	12	6	6	8	9					184		

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)

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.

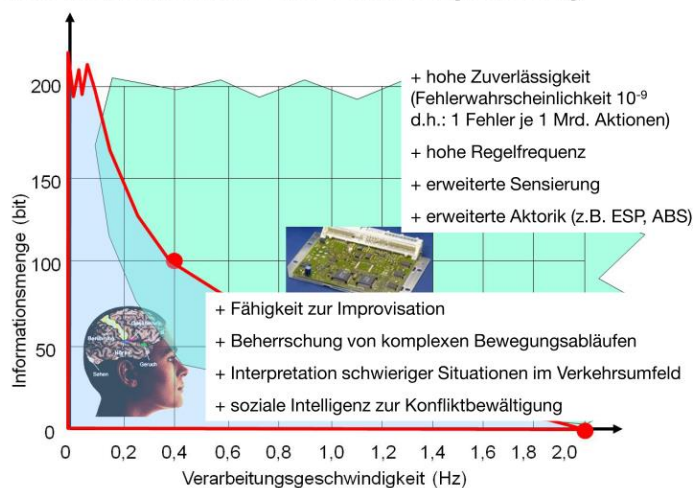
Mensch: Erfahrung, Intuition, Antizipation, ethische Entscheidung, Entscheidungsfähigkeit, Gesamtkontext

System: Sensorische Fähigkeiten, Rechenzeit, Sensorik, Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Reaktionsschnelligkeit, parallele Datenverarbeitung, Verfügbarkeit, Präzision

Falsch bzw. kein rein menschliches Attribut: Kognition = die Umwelt wahrnehmen und weiterverarbeiten



### Zusammenfassung: Informationsverarbeitung durch den Menschen bei der Fahrzeugführung



Die Definition der Automatisierungsgrade nach der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) sieht ein Funktionsprinzip C (kurzzeitig eingreifend in kritischen Situationen) vor. Nennen Sie für dieses Funktionsprinzip C für die Unterdefinitionen I (abstrakte Gefahr) und II (konkrete Gefahr) für jedes Level  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  jeweils ein Beispiel für eine Funktion. (6 P.)

<b>Beispiele von Funktionen für Funktionsprinzip C:</b> Kurzzeitig eingreifend in kritischen Situationen		
<b>Level</b> $\alpha - \gamma$	<b>I. Level Definition:</b> <b>Abstrakte Gefahr</b>	<b>II. Level Definition:</b> <b>Konkrete Gefahr</b>
$\alpha$	▪	▪
$\beta$	▪	▪
$\gamma$	▪	▪

Wichtig: nicht mit Aufgabe „Beschreibe Funktionsprinzipien“ kompatibel!  
Je Beispiel 1 Punkt.



### Definition der Automatisierungsgrade (BASt)

<b>Funktionsprinzip A:</b> Informierend und warnend		<b>Funktionsprinzip B:</b> Kontinuierlich automatisiert	<b>Funktionsprinzip C:</b> Kurzzeitig eingreifend in kritischen Situationen
<b>Beispiele von Funktionen für Funktionsprinzip C</b>			
<b>Level</b> $\alpha - \gamma$	<b>I. Level Definition: Abstrakte Gefahr</b>		<b>II. Level Definition: Konkrete Gefahr</b>
$\alpha$	$\alpha_I$ : Spurhalteassistent (korrigierend), Intelligente Geschwindigkeitsanpassung		$\alpha_{II}$ : Fahrer initiierte Gefahrenbremsung, Notausweichassistent (Fahrer initiiert)
$\beta$	$\beta_I$ : Emergency Assist (einfache Variante): Verzögern in der eigenen Fahrspur		$\beta_{II}$ : Autonome Gefahrenbremsung (System initiiert), Notausweichassistent (System initiiert)
$\gamma$	$\gamma_I$ : Emergency Assist (komplexe Variante): Sicherer Stopp an geeignetem Ort		$\gamma_{II}$ : Ausweichmanöver in knappen Vorbeifahrten mit anschließender Fahrerübernahme.

**3. Aufgabe: Ultraschallsensoren**

a: / 4

b: / 10

c: / 4

**/ 18**

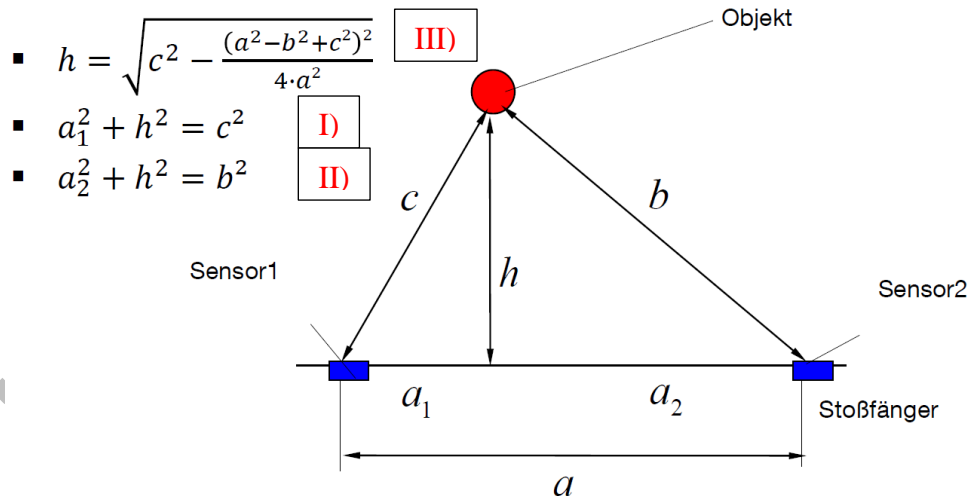
- a) Erklären Sie in Stichpunkten den Unterschied zwischen dem direkten und inversen piezoelektrischen Effekt und geben Sie jeweils die dazugehörige Proportionalität an. (4 P.)

- **Direkt**
  - Kraft führt zu elektrischem Feld
  - Resultierende Ladung proportional zur Kraft
- **Invers**
  - Elektrisches Feld führt zu Deformation
  - Deformation proportional zur Spannung

- b) Zur Entfernungsmessung mit Hilfe von zwei Ultraschallsensoren kann das sogenannte Triangulationsverfahren eingesetzt werden. Leiten Sie die Formel zur Berechnung des kürzesten Abstands  $h$  her. Fertigen Sie dazu eine Skizze an, in der alle relevanten Größen eingezeichnet werden. (10 P.)

Tipp:

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$$

**Entfernungsmessung durch Triangulation**

Rechenweg:

$$\text{I) - II)} \quad a_1^2 - a_2^2 = c^2 - b^2$$

Binomische Formel (siehe Tipp) und  $a_1 + a_2 = a$ 

$$a(a_1 - a_2) = c^2 - b^2$$

mit  $a_2 = a - a_1$ 

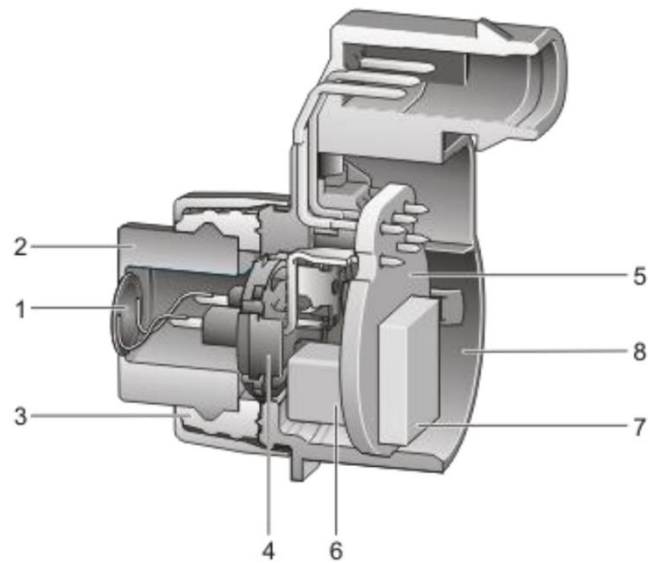
$$2a_1a - a^2 = c^2 - b^2$$

$$a_1 = \frac{a^2 - b^2 + c^2}{2a}$$

beide Seiten quadrieren und  $a_1^2 = c^2 - h^2$

⇒ Ergebnis Formel III)

c) Benennen Sie die Bauteile des untenstehenden Ultraschallsensors. (4 P.)



- |                     |                                |
|---------------------|--------------------------------|
| 1. Piezokeramik     | 5. Leiterplatte                |
| 2. Membrantopf      | 6. Übertrager                  |
| 3. Entkopplungsring | 7. ASIC-Baustein               |
| 4. Kontaktträger    | 8. Gehäuse mit Steckverbindung |

<b>4. Aufgabe: Sensorik</b>	a: / 10	b: / 4	c: / 4	<b>/ 18</b>
-----------------------------	---------	--------	--------	-------------

- a) Die Detektion und Verfolgung von Objekten mit RADAR oder LiDAR-Sensoren kann in fünf Schritte gegliedert werden. Geben Sie diese in der untenstehenden Tabelle an (5 P.) und geben Sie eine stichwortartige Erklärung des jeweiligen Schritts an. (5 P.)

<b>Schritt</b>	<b>Kurze Erklärung</b>
Vorverarbeitung	- Aufbereitung der Sensordaten; Reduktion der Datenmengen
Segmentierung	- Clustering / Gruppieren von Punktwolken oder Datenpunkten
Merkmalsextraktion	- Bestimmen / Ableiten von Objekteigenschaften wie Länge, Breite, Höhe, Form...
Klassifikation	- Bestimmen, um welche Art von Objekt es sich handelt / Zuordnung der Objekte zu definierten Klassen
Tracking	- Bewegung des Objekts bestimmen

- b) Bei der Verwendung von RADAR-Sensoren ist die Breite der Objekte nur schlecht bestimmbar. Geben Sie den Grund für diese Eigenschaft an (1 P.) und nennen Sie ein Verfahren, mit dem die Breite der Objekte erkannt werden kann. (1 P.) Erläutern Sie zudem kurz die zugrundeliegende Idee des verwendeten Verfahrens. (2 P.)

- Geringe azimutale Auflösung (Folie 3-18)
- Abhilfe durch Faltung bzw. inverse Faltung (Entfaltung) (Folie 3-22 bis 3-24)
- Wenn Originalbild gefaltet mit Sensoreigenschaften/Störung/Rauschen, das aufgenommene Bild ergibt, dann kann dieser Weg durch inverse Faltung (Entfaltung) umgekehrt werden. D. h. vom aufgenommenen Bild werden die störenden Effekte „abgezogen“ und das Originalbild bleibt übrig.

c) Sie wollen ein System zur Erkennung von Fahrstreifen anfertigen. Welchen Sensortyp und Einbauort wählen Sie dazu sinnvollerweise aus? (2 P.) Erklären Sie kurz das Vorgehen, um die genannte Anforderung mit möglichst geringer Rechenkapazität zu erreichen. (2 P.)

- (Mono-) Kamera
- Hinter Windschutzscheibe
- Fahrstreifenmarkierungen mit hoher Wahrscheinlichkeit links und rechts auf dem Bild. Auf diesen Bereich kann Such konzentriert werden. Anschließend wird sich auf Bereich zwischen den Markierungen beschränkt. (Folie 3-75)

Lösungsvorschlag

## 5. Aufgabe: Neuronale Netze

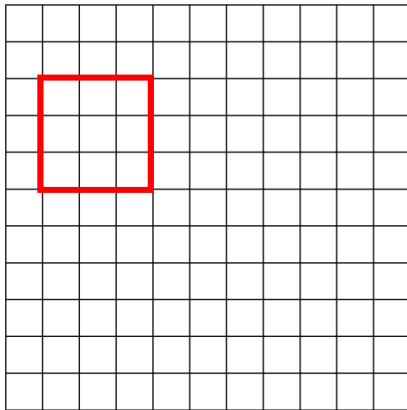
a: / 1

b: / 2

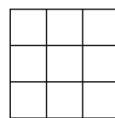
c: / 3

/6

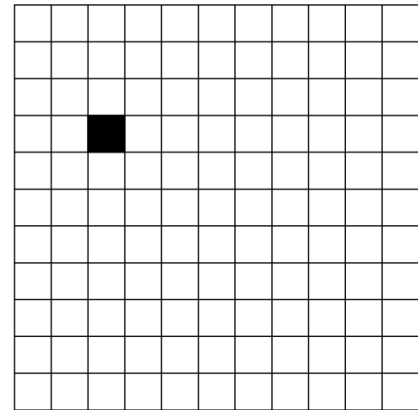
- a) Gegeben ist ein 11x11 Convolution Layer mit einem 3x3 Filter. Welche Eingangsneuronen werden zur Berechnung des markierten Ausgangsneurons benötigt? (1 P.)



Eingangslayer



Filter



Ausgangslayer

1P richtige Markierung

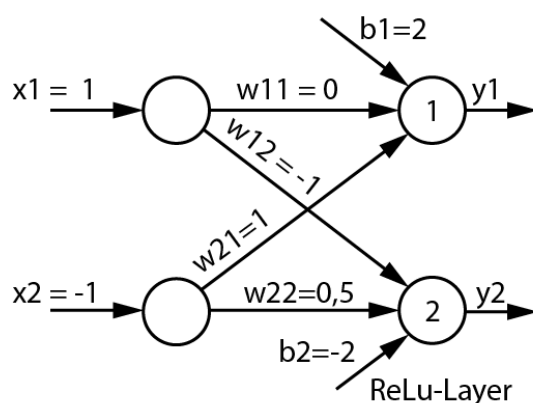
- b) Gegeben sind die Eingangsneuronen eines 2x2 Maxpool Layers. Geben Sie die Ausgangsmatrix an. (2 P.)

1	0,2	-1	-2
0	1	-4	-0,5
-0,2	7	-4	-1
-9	8	0	2

1	-0,5
8	2

0,5P je richtige Zahl

- c) Gegeben sei folgendes neuronales Netz. Berechnen Sie den Ausgang des neuronalen Netzes und die Aktivierung der einzelnen Neuronen. (Die Aktivierung bezeichnet den Eingangswert am Neuron.) (3 P.)



Aktivierung Neuron 1: 1 0,5P

Ausgang Neuron 1: 1 1,5P

Aktivierung Neuron 2: -3,5 0,5P

Ausgang Neuron 2: 0 1,5P



<b>6. Aufgabe: Belegungskarten</b>	a: / 4	b: / 9	c: / 5	<b>/ 18</b>
------------------------------------	--------	--------	--------	-------------

a) Nennen Sie jeweils zwei Vor- und Nachteile kartenbasierter Verfahren. (4 P.)

Je 1 P, maximal 2 Vor und 2 Nachteile

- + Optimal für diskreten und endlichen Zustandsraum
- + Komplexe Geometrien darstellbar
- + Beliebige ortsbezogene Informationen abbildbar
- Rechenaufwand stark von Diskretisierung und Kartengröße abhängig
- Diskretisierte/endliche Abbildung
- Nur ortsbezogene Informationen

b) Nennen und erklären Sie die drei wesentlichen, benötigten Schritte zur Aktualisierung einer Belegungskarte mit einer neuen Sensormessung. Der Umgang mit dynamischen Objekten kann hier vernachlässigt werden. (9 P.)

Je 3 P: 1 P auf sinnvolle Nennung, 2 P auf Erklärung

Egokompensation (auch möglich: Schätzung der Sensorposition, Transformation der Karte auf die aktuelle Position):

Bewegung des Sensors/Egos kompensieren, neue Messung muss zu Kartenzellen örtlich passen, ...

Inverses Sensormodell (alternativen?):

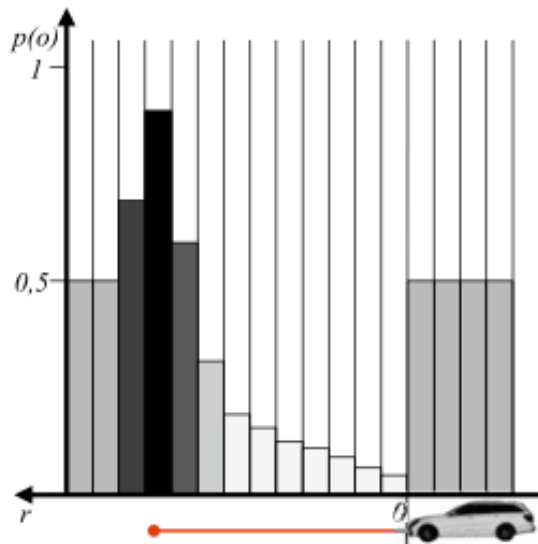
Belegungswahrscheinlichkeit auf Basis aktueller Messung schätzen, von Messwerten auf Belegungswahrscheinlichkeit schließen, aktuelle Belegung schätzen

Korrektur: (Karte aktualisieren/Kombination mit Prior)

Aktuelle Belegungswahrscheinlichkeit mit bisheriger Belegungswahrscheinlichkeit kombinieren

- c) Erklären Sie den Begriff des inversen Sensormodells anhand eines Lidar-Beispielsensors. Zur Veranschaulichung der Erklärung können auch Skizzen verwendet werden. (5 P.)

Sensor misst Entfernung zu nächstem Hindernis, aufgrund Messprinzip ist der Weg bis dahin wahrscheinlich frei. Der Messpunkt sehr wahrscheinlich belegt.



Wesentliche Bestandteile einer ACC-Folgeregelung ist die Zielobjektauswahl und die Kaskadenregelung. Für ein nachfolgendes Szenario werden diese Elemente näher betrachtet.

- a) Gegeben ist das in Abb. 1 dargestellte Szenario. Objekte, die in einem Korridor mit einer Breite von 2,5 m liegen, werden als relevante Zielobjekte betrachtet. Bewerten Sie, ob das Vorderfahrzeug in Abb. 1 ein für die ACC-Folgefahrt relevantes Zielobjekt darstellt. Das eigene Fahrzeug hat eine Geschwindigkeit von  $v_x = 80 \text{ km/h}$  und weist eine aktuelle Querbeschleunigung  $a_y = 1 \text{ m/s}^2$  auf. Der Radarsensor lokalisiert das Objekt mit einem lateralen Abstand von  $y_{\text{Sensor}} = 6 \text{ m}$  und einem relativen Abstand von  $d = 60 \text{ m}$ . (7,5 P.)



Abbildung 1: Folgefahrt

Die geschätzte Krümmung des eigenen Fahrzeugs lautet:

$$\kappa_{\text{präd}} \cong a_y / v_x^2 = \frac{1}{(80/3.6)^2} = 0.002 \text{ 1/m}$$

Daraus resultiert ein Querposition in  $d=60\text{m}$ :

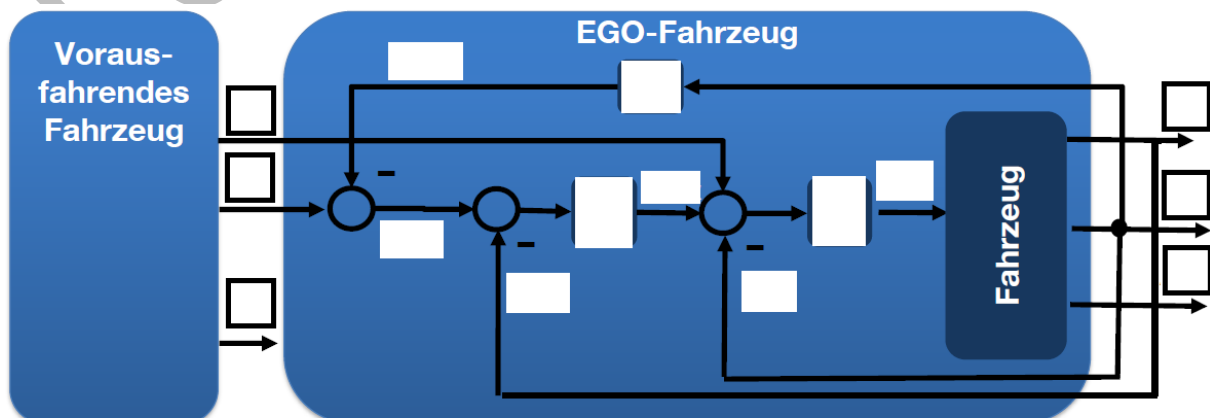
$$y_{\text{Kurve}} = \frac{\kappa_{\text{präd}}}{2} d^2 = 3.6 \text{ m}$$

Versatz des Objekts:

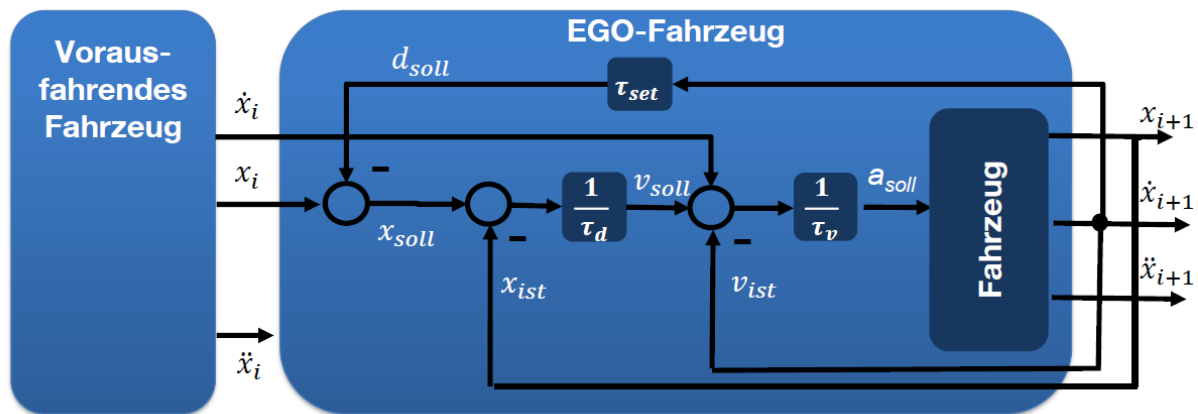
$$|\Delta y| = |y_{\text{Kurve}} - y_{\text{Sensor}}| = |-2.4 \text{ m}| > 1.25 \text{ m}$$

➔ Objekt liegt nicht im Fahrschlauch.

- b) Vervollständigen Sie das gegebene Blocksaltbild (Skizze) einer ACC-Kaskadenregelung. Der Verstärkungsfaktor der inneren Kaskade ist dabei mit  $k_1 = 1/\tau_v$  und der der äußeren Kaskade mit  $k_2 = 1/\tau_d$  definiert. (7,5 P.)



## Lösung



- c) Geben Sie die Bedingung für Kolonnenstabilität an. (2 P.)

Kolonnenstabilität:  $|V(\omega)| = \left| \frac{A_{i+1}(\omega)}{A_i(\omega)} \right| \leq 1$ , für  $\omega \geq 0$

**8. Aufgabe: Funktionale Systemarchitektur**

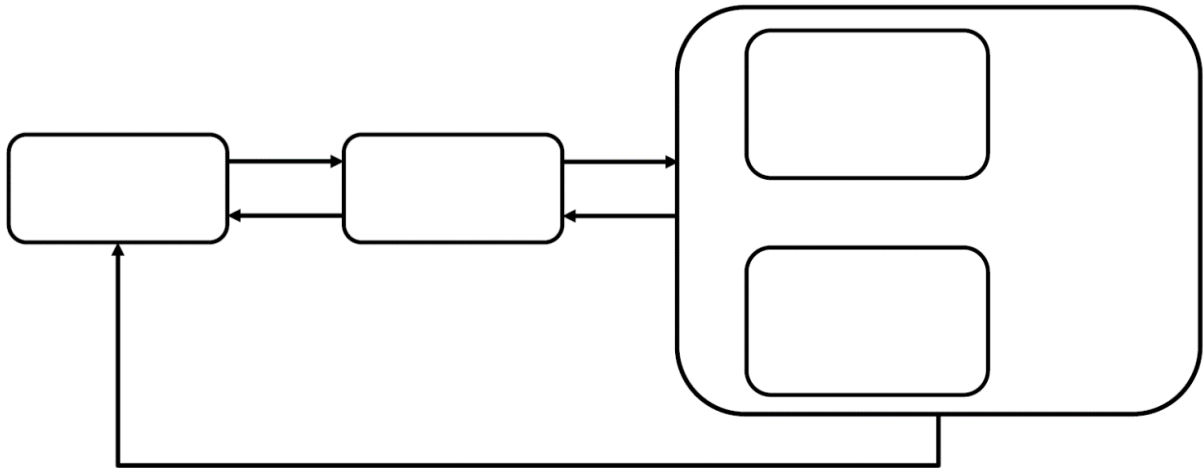
a: / 5

b: / 9

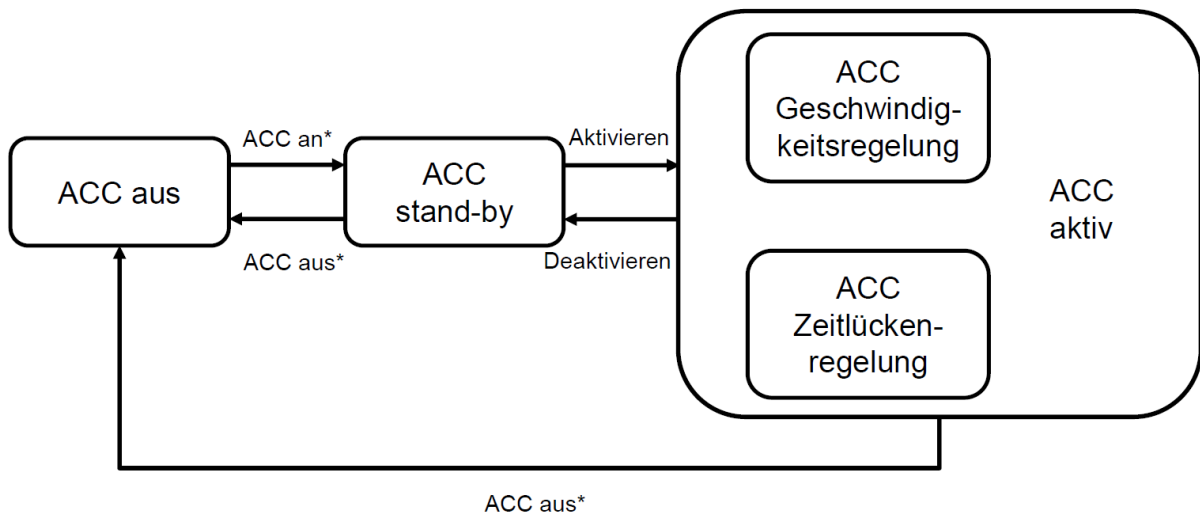
c: / 4

**/ 18**

- a) Beschriften Sie den dargestellten ACC-Zustandsautomaten mit Systemzuständen (Kästchen) und Systemübergängen (Pfeile). (5 P.)



Lösung:



- b) Nennen Sie die allgemeinen Komponenten einer funktionalen Architektur für Fahrerassistenzsysteme wie sie in der Vorlesung besprochen wurden und erläutern Sie diese beispielhaft anhand der Funktionsweise eines ACC. (9 P.)

Lösung:

Situationsinterpretation  
Verhaltensgenerierung  
Verhaltensentscheidung  
Regelung

Bsp ACC:

Situationsinterpretation:  
Befindet sich relevantes Fahrzeug innerhalb des eigenen Fahrschlauchs?

Verhaltensgenerierung:  
Möglichkeit der Regelung von Abstand oder Geschwindigkeit

Verhaltensentscheidung:  
Relevantes Fahrzeug innerhalb Fahrschlauch: Regelung auf Abstand  
Kein relevantes Fahrzeug innerhalb Fahrschlauch: Regelung auf Geschwindigkeit

Regelung:  
Regelung entsprechend Verhaltensentscheidung (Abstands- /  
Geschwindigkeitsregelung) – Beschleunigung / Verzögerung

- c) Nennen Sie zwei unterschiedliche Lösungsansätze für Entscheidungsverfahren innerhalb einer funktionalen Systemarchitektur mit jeweils einem Beispiel. (4 P.)

Lösung:

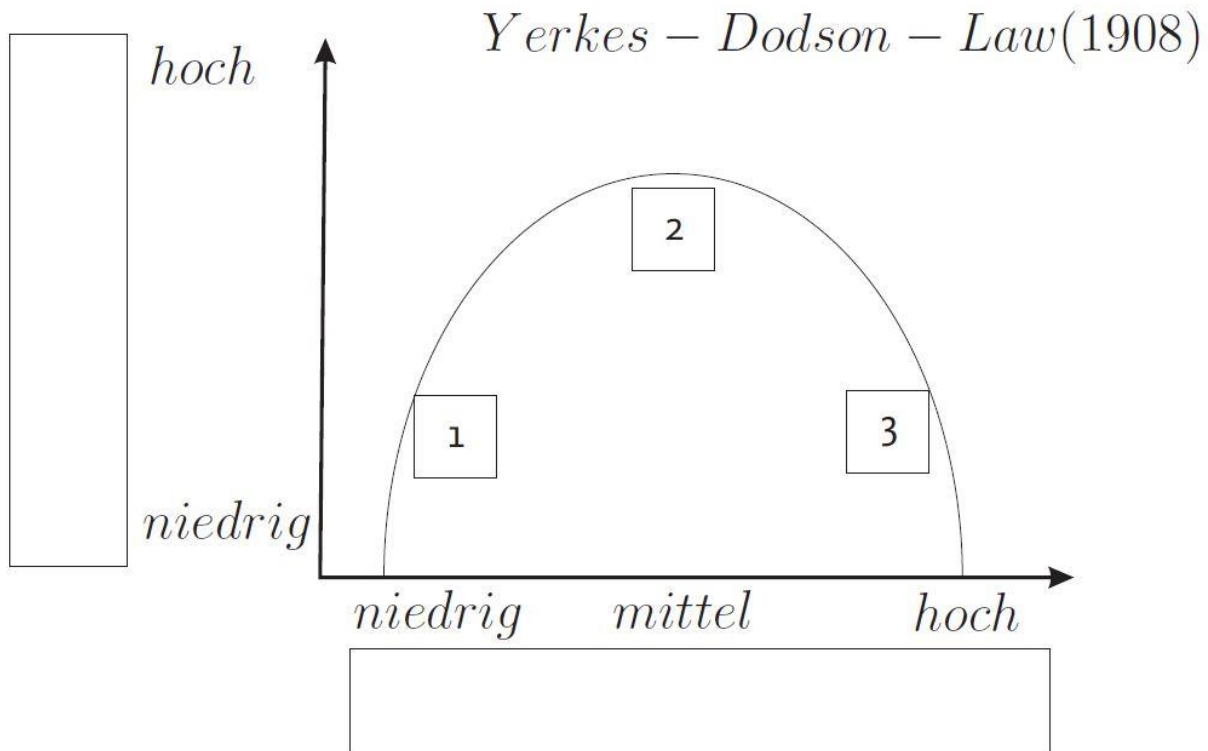
Diskrete Entscheidungsverfahren

- Zustandsautomat
- Entscheidungsbaum

Kontinuierliche Entscheidungsverfahren

- Globale Optimierung
- Predictive Risk Maps
- Sampling
- Zielpunktauswahl
- Neuronale Netze

- a) Beschriften Sie die Achsen (Kästen) im Diagramm und ordnen Sie die Fahrerezustände und Situationen in der Tabelle den Bereichen 1, 2 oder 3 im Diagramm zu. (6 P.)



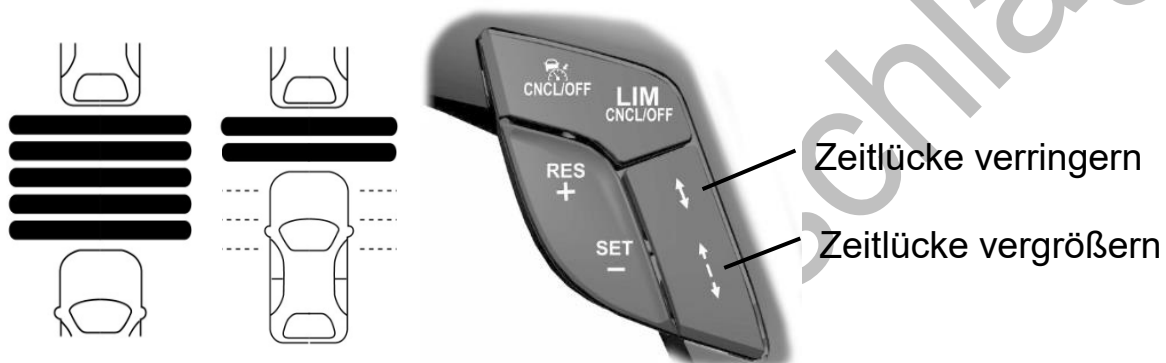
Vertikal: Performance (Leistung)  
Horizontal: Arousal (Aktivierung, Erregung)

Bereich	
3	Der Fahrer fährt seit einem längeren Zeitraum in einem hohen Automationsgrad und die Automation fällt unvorhergesehen aus.
1	Der Fahrer fährt auf einer Autobahn mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h und wenig Verkehr.
3	Der Fahrer spielt auf seinem Handy Tetris während er Auto fährt.
2	Der Fahrer fährt in einem mittleren Automationsgrad und überwacht die Automation gewissenhaft.

- a) Die Längsführung kann bei einem Autobahnassistenten entweder durch eine Trajektorienplanung oder mit Hilfe eines Abstandregeltempomaten (ACC) realisiert werden. Bewerten Sie die Teilfunktion „Zeitlücke verstellen“ des dargestellten ACC-Bedienhebels 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 anhand der Anzahl an Balken dargestellt und kann durch zwei Tasten am Lenkrad verringert oder vergrößert werden. (5 P.)



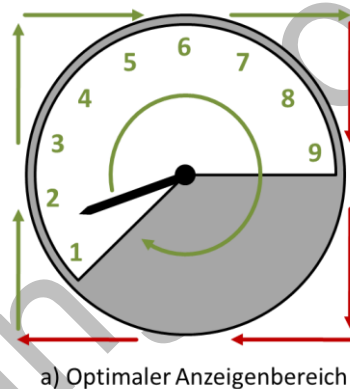
- Primäre innere Kompatibilität: Obere Taste: zu, mehr
  - Zeitlücke wird jedoch verringert, Balken im Kombiinstrument nehmen ab -> Verletzung der Kompatibilität
- Primäre äußere Kompatibilität:
  - Fahrzeuge von oben dargestellt in Fahrtrichtung, Ego-Fzg bewegt sich entsprechend der Verstellung der Zeitlücke -> Kompatibilität stimmt,
  - Oder: Fahrzeuge von oben und nicht perspektivisch von hinten, , Ego-Fzg bewegt sich entsprechend der Verstellung der Zeitlücke -> teilweise Verletzung der Kompatibilität



- b) Bewerten Sie die dargestellten Anzeigen hinsichtlich der Verletzung der verschiedenen Kompatibilitäten. (3 P.)



Tacho und Drehzahlmesser verletzen den optimalen Anzeigebereich, Drehzahlmesser verletzt sekundäre Kompatibilität (Drehsinn), da Zunahme gegen Uhrzeigersinn.



# 11. Aufgabe: HMI / SEEV-Modell

/ 4

- a) Welche 4 Parameter bestimmen laut SEEV-Modell die Selektion oder Wahrscheinlichkeit einer Blickzuwendung? (4 P.)

- Auffälligkeit/salience
- Anstrengung/effort
- Erwartung/expectancy
- Wert/value

<b>12. Aufgabe: Controllability / ASIL Modell</b>	a: / 4,5	b: / 4,5	c: / 4,5	d: / 4,5	<b>/ 18</b>
---	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Führen Sie im Folgenden eine ASIL-Bewertung analog dem ADAS Code of Practice anhand der unten stehenden Fehlerbilder für den beschriebenen Autobahnassistenten durch. Beachten Sie dabei die Angaben und bewerten Sie schrittweise zunächst die Unfallschwere, die Auftretenswahrscheinlichkeit und anschließend die Beherrschbarkeit der Fehlerbilder. Bestimmen Sie abschließend entsprechende ASIL-Sicherheitsanforderungen.

### 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  $5 \text{ m/s}^2$  automatisiert durchführen.

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

### Fehlerbilder:

- 1. Unerwartete Übernahmeaufforderung:** Während des Betriebs des Autobahnassistenten kommt es zu einer unerwarteten Initiierung der akustischen Übernahmeaufforderung ohne sichtbaren Grund. Ein aufmerksamer Fahrer weiß, welche Handlung er aufgrund des akustischen Signals durchführen muss. Der sonstige Betrieb des Autobahnassistenten ist nicht eingeschränkt.
- 2. Unerwartete Verzögerung:** Das Ego-Fahrzeug fährt geregelt in einer Kolonne und verzögert für den Fahrer unerwartet mit  $1 \text{ m/s}^2$ . Ohne Eingriff des Fahrers droht innerhalb von 4 Sekunden eine Kollision.
- 3. Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit  $140 \text{ km/h}$  einem anderen, mit  $70 \text{ km/h}$  vorausfahrenden Fahrzeug. Anstatt einer geregelten automatischen Verzögerung mit maximal  $5 \text{ m/s}^2$  blockieren unerwartet beide Hinterräder. Durch die Blockierbremsung der Hinterräder wird das Ego-Fahrzeug aus dem eigenen Fahrstreifen abgelenkt.

### Werte zur Auftretenswahrscheinlichkeit:

Nehmen Sie folgende Auftretenswahrscheinlichkeiten an:

- Im Durchschnitt wird der Autobahnassistent nur in 10% der Betriebszeit des Fahrzeugs aktiviert.

- 70% dieser Aktivierungszeit befindet sich das Fahrzeug in oben beschriebenen Folgefahrten.

### Unfallsschwere (Severity)

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

- a) Tragen Sie die Severity (S) und eine kurze Begründung in maximal zwei Stichworten für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (4,5 P.)

Fehlerbilder	Severity - S (je 1 P.)	Begründung (je 0,5 P.)
1. Übernahme-Aufforderung	<b>S0</b>	<b>Beispiel:</b> <b>- Keine Kollision</b>
2. Verzögerung	<b>S0</b>	<b>Beispiele:</b> <b>- Keine Kollision</b>
3. Blockierbremsung	<b>S3</b>	<b>Beispiele:</b> <b>- Abkommen: Schwere Verletzungen</b> <b>- Kollision mit Gegenverkehr</b> <b>- Kollision mit Objekt</b>

## Auftretenswahrscheinlichkeit (Exposure)

Class	E1	E2	E3	E4
<b>Description</b>	Very low probability	Low probability	Medium probability	High probability
<b>Frequency of situation</b>	Occurs less often than once a year for the great majority of drivers	Occurs a few times a year for the great majority of drivers	Occurs once a month or more often for an average driver	Occurs during almost every drive on average
<b>Definition of duration/ probability of Exposure (informative)</b>	Not specified	< 1% of average operating time	1% - 10% of average operating time	> 10% of average operating time

- b) Tragen Sie die Exposure (E) und eine kurze Begründung in maximal zwei Stichworten bzw. einer Annahme für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (4,5 P.)

Fehlerbilder	Exposure - E (je 1 P.)	Begründung (je 0,5 P.)
1. Übernahmeaufforderung	E2	<b>Beispiele:</b> - 10% + Reflektion - Objekt – Fehldetektion (Markierung, Fahrbahnunregelmäßigkeit ..) - Sensor Dejustage - Sogenannte „Geisterziele“ (Siehe Skript unter „Situationsbedingte Grenzen“
2. Verzögerung	E3	<b>Beispiele:</b> - 10% (Betriebszeit) x 70% (Aktivierungszeit) = 7 %
3. Blockierbremsung	E2	<b>Beispiele:</b> - 10 % + Kurvenanteil

## Beherrschbarkeit bei Fehler (Controllability)

Class	C0	C1	C2	C3
<b>Description (informative)</b>	Controllable in general	Simply controllable	Normally controllable	Difficult to control or uncontrollable
<b>Definition</b>	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.

- c) Tragen Sie die Controllability (C) und eine kurze Begründung in maximal zwei Stichworten für die einzelnen Fehlerbilder in der folgenden Tabelle ein: (4,5 P.)

Fehlerbilder	Controllability - C (je 1 P.)	Begründung (je 0,5 P.)
1. Übernahmeaufforderung	C0	Beispiele: - Aufmerksamer Fahrer - Nur Ablenkung
2. Verzögerung	C1	Beispiele: - Aufmerksamer Fahrer - Reaktionszeit ausreichend (4 s)
3. Blockierbremsung	C3	Beispiele: - -> schwer kontrollierbar (140 km/h) - Normalfahrer unkontrollierbar

## ASIL-Einstufung

- d) Ermitteln Sie aus Severity, Exposure und Controllability in untenstehender Matrix, welche Sicherheitsanforderungen für das jeweilige Fehlerbild anzusetzen sind und tragen Sie ihr Ergebnis in die Tabelle ein. Überprüfen Sie auf Plausibilität der Ergebnisse. Zum Ausschließen von Folgefehlern besteht die Möglichkeit neue Werte zu verwenden. (4,5 P.)

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

Zur Erläuterung:

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

ASIL-A niedrige Sicherheitsanforderungen.

ASIL-D sehr hohe Sicherheitsanforderungen.

Fehlerbilder	ASIL (je 1,5 P.)
1. Übernahmeaufforderung	QM
2. Verzögerung	QM
3. Blockierbremsung	ASIL B

**13. Aufgabe: Entwicklungsprozess**

a: / 8

b: / 4

**/ 12**

In der Vorlesung wurde die von Maurer entwickelte Methode für den systematischen Entwurf von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt.

a) Skizzieren Sie das Vorgehensmodell mit den einzelnen Entwicklungsschritten und dem Ergebnis. (8 P.)

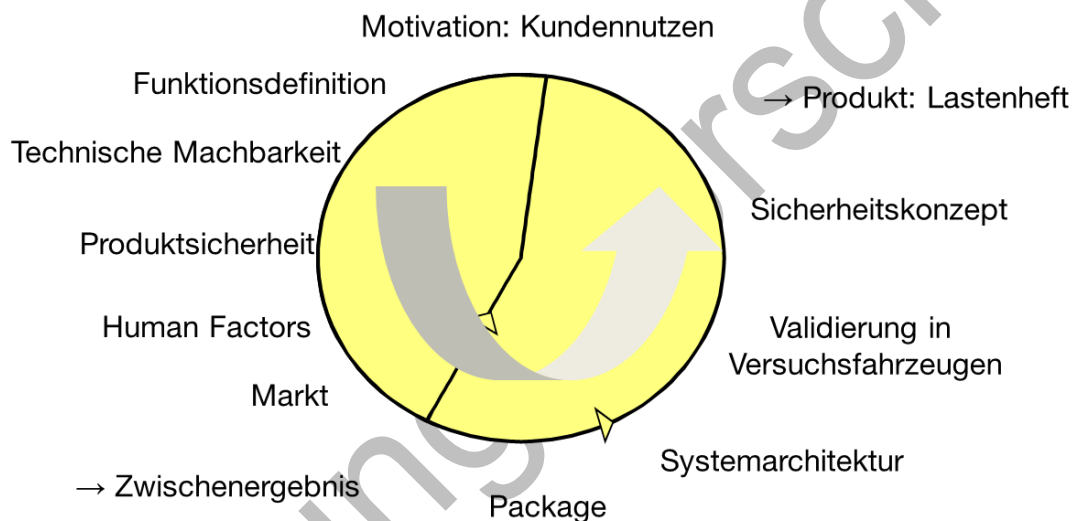
**Lösung:**

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

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

2 P auf sinnvolle Reihenfolge:

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



b) Erklären Sie kurz den generellen Ablauf. (4 P.)

- Zwei Iterationsschleifen etc. 1P
- „Abkürzungspfad“/erste Schleife/erste Abschätzung
  - o Die erste, zeitlich kürzere und deutlich Ressourcen sparende Schleife, ohne Prototypen 2P
- Zweite Schleife mit Prototypen/ ausführlicher/aufwendiger/baut auf 1. Schleife auf 1P

Erläutern Sie die Begriffe Gebrauchssicherheit und Funktionale Sicherheit. Gehen Sie dabei auf die Ziele der beiden Kategorien im Bereich Fahrerassistenz ein. (6 P.)

**F 9-47: Gebrauchssicherheit**

- Ist das Gerät in der Lage, bei korrekter Funktion alle seine Anwendungsfälle sicher zu erfüllen? (1 P)
- Ziel:
  - Gefährdung durch unzureichende Spezifikation aufzeigen (1 P)
  - zu erwartenden Fehlgebrauch aufzeigen (1 P)

**Funktionale Sicherheit**

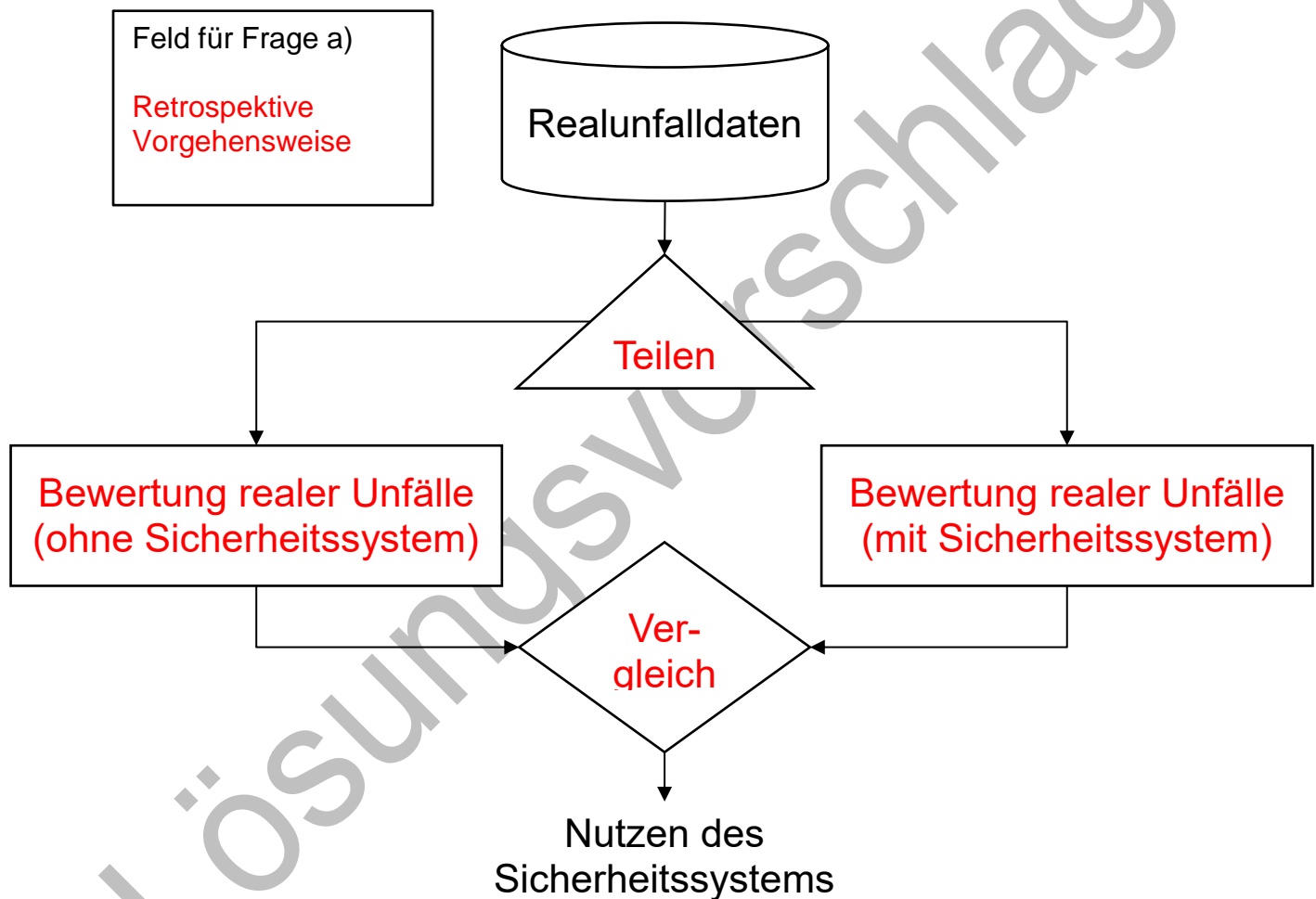
- (Verhindern) potenzieller Fehlfunktionen des Gerätes in unterschiedlichen Situationen (1 P)
- Ziel:
  - Gefährdung durch mögliche Fehlfunktionen aufzeigen und klassifizieren (1 P)
  - Reduktion von Gefahren durch E/E-Fehler (1 P)

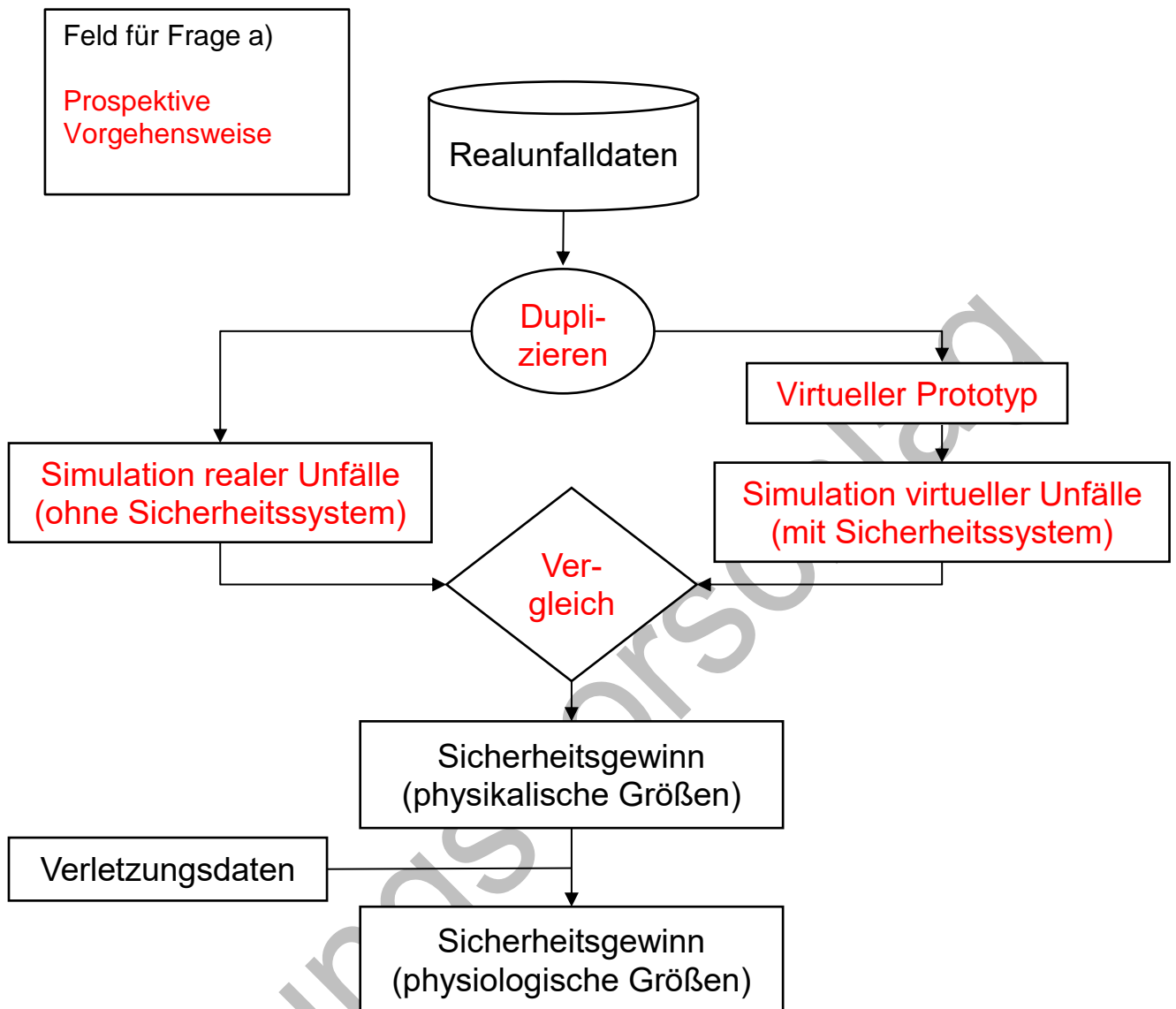


In der Bewertung von Fahrerassistenzsystemen wird zwischen prospektiver und retrospektiver Analyse von Unfalldaten unterschieden.

Anbei befinden sich die zwei schematischen Vorgehensabläufe.

- Ordnen Sie zu den beiden Ablaufdiagrammen die prospektive beziehungsweise retrospektive Vorgehensweise zu. (1,5 P.)
- Des Weiteren befüllen Sie die fehlenden Kästchen mit dem richtigen Vorgehen. (4,5 P.)



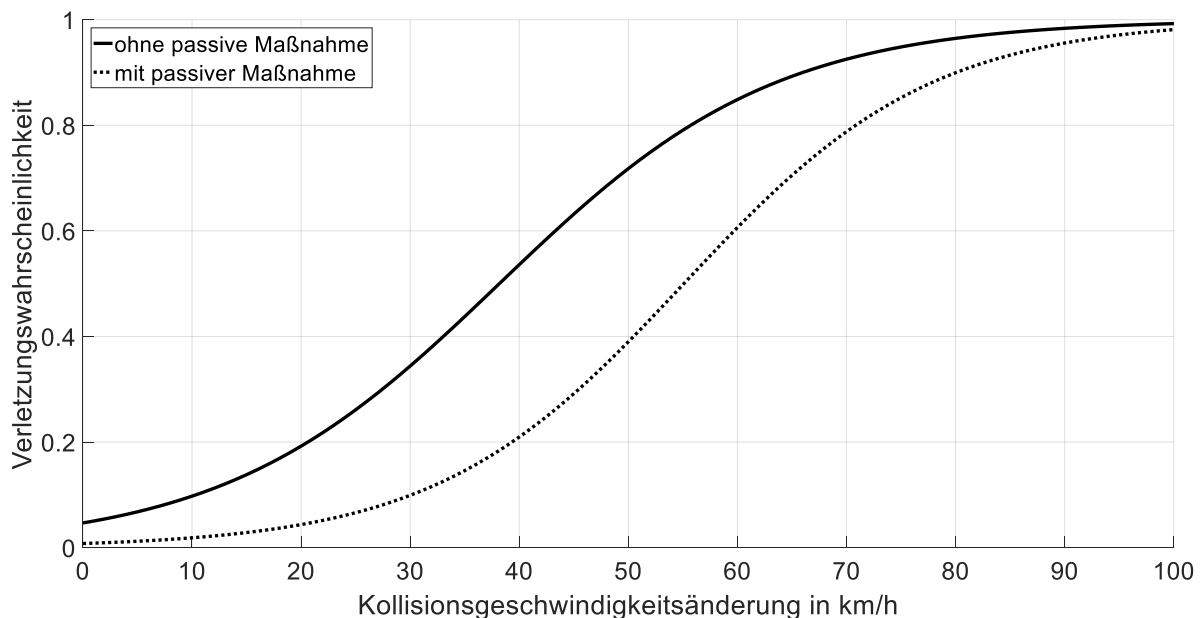


Als Entwickler möchten Sie den Nutzen eines Notbremsassistenten für Fußgänger bewerten. Als ein kritisches Szenario haben Sie das Erfassen eines stehenden Fußgängers mit einer Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h identifiziert. Das neu entwickelte Notbremssystem kann Fußgängerunfälle bis zu 50 km/h komplett vermeiden. Im weiteren Verlauf der Untersuchung möchten Sie eine Kombination von Notbremsassistenten und eine passive Fußgängerschutzmaßnahme betrachten:

- a) Berechnen Sie die Reduktion der Verletzungswahrscheinlichkeit ohne passive Fußgängerschutzmaßnahme für eine Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h. (3 P.)

**Hinweis für die gesamte Aufgabe:** eine vermiedene Kollision ist als eine Verletzungswahrscheinlichkeit von 0 zu betrachten.

Angabe	
Geschwindigkeit Fahrzeug	50 km/h
Geschwindigkeit Fußgänger	0 km/h
Maximale Ausgangsgeschwindigkeit Notbremssystem für Unfallvermeidung	50 km/h
<b>Verletzungsrisikofunktionen (MAIS2+)</b>	
Ohne passive Maßnahme	$\beta_0 = -3,016$ und $\beta_1 = 0,079$
Mit passiver Maßnahme	$\beta_0 = -4,848$ und $\beta_1 = 0,088$



- a) Bestimmung des Verletzungsrisikos 50 km/h mit Funktion ohne passive Schutzmaßnahme

$$p(v_k) = \frac{e^z}{1 + e^z} \text{ mit der Linearkombination } z(x) = \beta_0 + \beta_1 \cdot x, (1P)$$

$$p\left(50 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) = \frac{e^{-3,016+0,079 \cdot 50}}{1 + e^{-3,016+0,079 \cdot 50}} = 71,79 \% (1P)$$

$$p\left(0 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) = 0, \text{ siehe Hinweis Angabe}$$

$$p_{\text{Reduktion}} = p\left(50 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) - p\left(0 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) = 71,79 \%$$

Verletzungsschwere wird um 71,79 % reduziert. (1P)

- b) Im Folgenden möchten Sie nun die Kombination aus Notbremssystem und passiver Fußgängerschutzmaßnahme betrachten. Berechnen Sie die Reduktion der Verletzungswahrscheinlichkeit mit passiver Fußgängerschutzmaßnahme durch ein Notbremssystem für Fußgänger bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h. Zudem bestimmen Sie das Verhältnis des Nutzens der passiven Fußgängerschutzmaßnahme zum alleinigen Nutzen des Notbremssystems. (5 P.)

b)

$$p\left(50 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) = \frac{e^{-4,848+0,088 \cdot 50}}{1 + e^{-4,848+0,088 \cdot 50}} = 38,98 \% (1P)$$

$$p\left(0 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) = 0, \text{ siehe Hinweis Angabe}$$

$$p_{\text{Reduktion, mit passiver Schutzmaßnahme}} = p\left(50 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) - p\left(0 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) = 38,98 \%$$

Verletzungsschwere mit passiver Schutzmaßnahme wird durch den AEB um 38,98 % reduziert. (1P)

Nutzen aktive Schutzmaßnahme allein (2 P)

$$p_{\text{Reduktion, ohne passive Schutzmaßnahme}} - p_{\text{Reduktion, mit passiver Schutzmaßnahme}} = 71,79 \% - 38,98 \% = 32,80 \%$$

Berechnung Verhältnis Nutzen Schutzmaßnahme zu AEB (1P)

$$\frac{32,80 \%}{38,98 \%} = 0,8415$$

**17. Aufgabe: Aktuelle Systeme**

a: / 5

b: / 4

**/ 9**

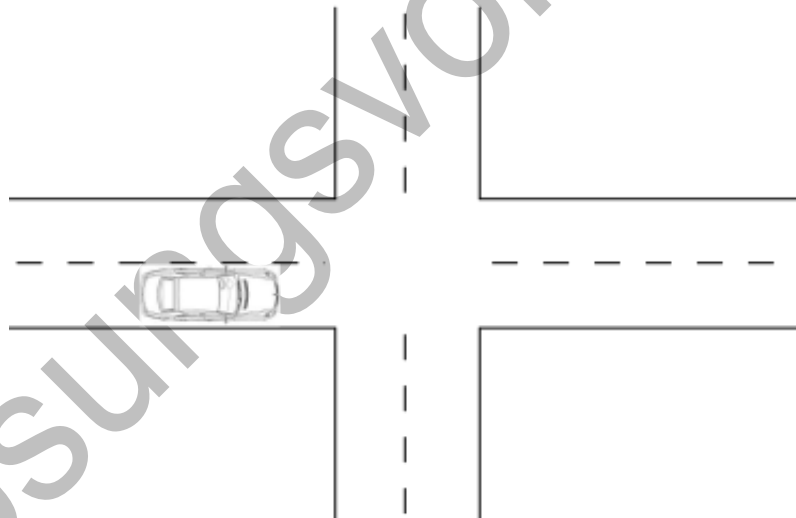
- a) Um das Unfallrisiko bei Dunkelheit zu verkleinern, sind moderne Fahrzeuge mit sogenannten Night-Vision-Systemen ausgestattet. Erläutern Sie die Funktionsweise von Nahinfrarot- und Ferninfrarot-Systemen (je 2 P.) und zeigen Sie dabei den prinzipiellen Unterschied zwischen den beiden Systemen auf.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

Nahinfrarot: Ein IR-Scheinwerfer leuchtet die Umgebung weiträumig aus (für Menschen nicht sichtbar) und eine IR empfindliche Kamera nimmt Bilder auf.

Ferninfrarot: Abstrahlende Wärme von Objekten wird von Wärmebildkamera aufgenommen und ausgewertet.

Unterschied: Nahinfrarot besteht aus „Licht“-Quelle und Kamera, wohingegen Ferninfrarot nur aus einer Kamera besteht.

- b) Zeichnen Sie in die untenstehende Grafik vier mögliche Anwendungen des variablen Abblendlichts ein und benennen Sie diese. (4 P.)



Lösung:

