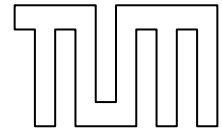


Lösungsvorschlag



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



Prüfung - "Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug" 27.02.2018

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Die Prüfung besteht aus 16 Aufgaben auf 25 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) | 9 | 18 | 18 | 17 | 18 | 17 | 4 | 7 | 7 | 18 | 14 | 6 |
| Aufgabe | 13 | 14 | 15 | 16 | | | | | | Summe | | |
| Punkte | | | | | | | | | | | | |
| Punkte (maximal) | 6 | 11 | 9 | 8 | | | | | | 187 | | |

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)

Die Definition der Automatisierungsgrade nach der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) sieht für die Bahnführungsebene drei Funktionsprinzipien vor. Nennen Sie diese und beschreiben Sie jedes Funktionsprinzip kurz anhand von zwei charakteristischen Merkmalen. (9 P.)

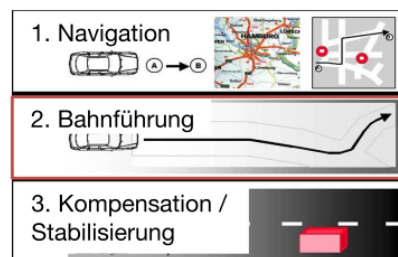
| Funktionsprinzip A: | Funktionsprinzip B: | Funktionsprinzip C: |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| _____ | _____ | _____ |
| ▪ | ▪ | ▪ |
| ▪ | ▪ | ▪ |

Je Zelle 1 Punkt. Alles aus Tabelle unten zählt.



Definition der Automatisierungsgrade (BASt)

Relevanz nur für „Bahnführungsebene“:



Aufteilung der Bahnführung in drei Funktionsprinzipien:

| Funktionsprinzip A: Informierend und warnend | Funktionsprinzip B: Kontinuierlich automatisiert | Funktionsprinzip C: Kurzzeitig eingreifend in kritischen Situationen |
|---|--|---|
| Indirekter Fahrzeugeinfluss (über den Fahrer), z.B. <ul style="list-style-type: none"> Status Information Gefahrenwarnung (abstrakt oder konkret) | Direkter Einfluss auf Fahrzeugführung. <ul style="list-style-type: none"> Bewusste Aktivierung durch Fahrer Immer übersteuerbar. | Vorbeugender Eingriff, um kritische Situation abzuwenden, <ul style="list-style-type: none"> Fahrer reagiert nicht Fahrer kann nicht eingreifen |

2. Aufgabe: Sensorik I

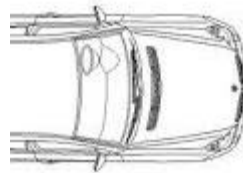
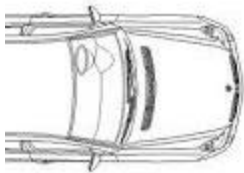
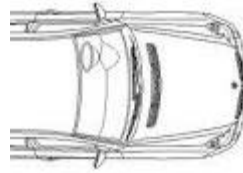
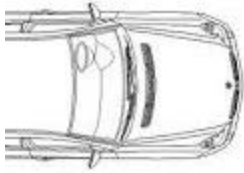
a: / 8

b: / 6

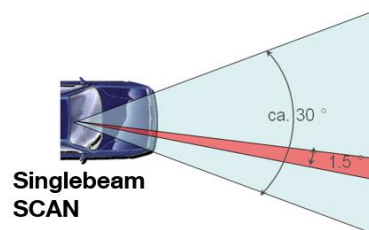
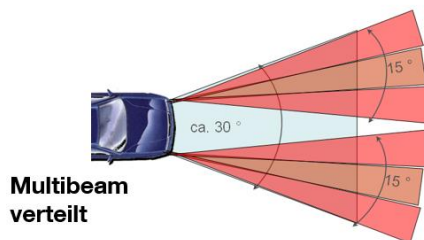
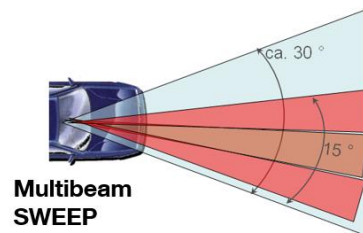
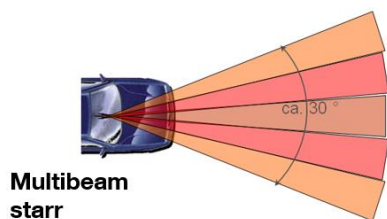
c: / 4

/ 18

- a) Zeichnen Sie in die untenstehenden Skizzen vier verschiedene Strahlarten ein, die bei LiDAR-Sensoren verwendet werden und benennen Sie diese. (jeweils 2 P.)



Lösung: Folie 2-102



- b) Radar-Sensoren existieren in einer Short und einer Long Range Version. Geben Sie jeweils die ungefähre Reichweite und den horizontalen Öffnungswinkel an. Nennen Sie zudem jeweils ein Fahrerassistenzsystem, bei dem die jeweilige Version des Sensors Einsatz findet. (jeweils 1 P.)

Short Range:

- Bis 100m
- Bis 120°
- Fahrstreifenwechselassistent / Blind Spot

Long Range

- Bis 400m
- Ca. 20°
- ACC

c) Erläutern Sie die Entfernungsmessung mittels Time of Flight und geben Sie die Formel zur Berechnung des Abstands an. (4 P.)

Lösung: Folie 2-97 und 2-98

Time-of-Flight-Messung: Dabei werden ein oder mehrere Lichtpulse ausgesendet und an einem evtl. vorhandenen Objekt reflektiert. Die Zeit bis zum Empfang des reflektierten Signals ist dann proportional der Entfernung. Bei einer Geschwindigkeit des Lichtes von ca. 300.000 km/s (in Luft) beträgt die zu messende Laufzeit bei einem Abstand von 50 m (bei 100 km/h = Tacho/2) etwas über $3 \cdot 10^{-7}$ Sekunden oder 333 ns.

Formel: $d = \frac{1}{2} c_0 t$ mit c_0 als Lichtgeschwindigkeit (bzw. allgemein Ausbreitungsgeschwindigkeit)

| | | | | |
|--------------------------------|--------|--------|--------|-------------|
| 3. Aufgabe: Sensorik II | a: / 7 | b: / 4 | c: / 7 | / 18 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|-------------|

- a) Erläutern Sie den Begriff der Stereoskopie (3 P.) und nennen Sie jeweils zwei Vor- und Nachteile dieses Verfahrens. (4 P.)

Umgebung wird mit zwei verschiedenen Kameras aus zwei verschiedenen Blickwinkeln aufgenommen. Aus den unterschiedlichen Perspektiven kann eine Entfernung des Objekts zugeordnet werden.

Vorteile:

- Tiefeninformation aus Disparität
- Robustheit der Verfahren
- Geringe Modellinformationen zur Initialisierung erforderlich

Nachteile:

- Mäßig rechenaufwendig und mäßige Kosten
- Kalibrierproblem
- Package und mögliche Konflikte mit Design (Einbauorte)
- Keine Klassifikation

Folie 3-47

- b) Erklären Sie, was man unter einem nichtselektiven Sensor versteht (2 P.) und was dabei im Hinblick auf die Datenmenge als kritisch zu bewerten ist. (2 P.)

Folie 3-60

Nichtselektiver Sensor erfasst gesamte Umgebung (soweit es dem Sensor möglich ist)

Dadurch entstehen sehr große Datenmengen, die durch die nachfolgenden Algorithmen verarbeitet werden müssen, was das Herausfiltern der wichtigen Informationen erschwert und zudem viel Rechenleistung in Anspruch nimmt.

- c) Zur Klassifikation von Bildinformationen werden sogenannte Bayes-Filter eingesetzt. Erläutern Sie das Grundprinzip der Funktionsweise (3 P.) und geben Sie zwei Voraussetzungen an, die für die Anwendung benötigt werden. (2 P.) Nennen Sie zusätzlich zwei weitere Verfahren, die alternativ zur Klassifikation von Bildern verwendet werden können. (2 P.)

Folie 3-70

Auf Basis stochastischer Überlegungen wird die Klasse mit der höchsten Wahrscheinlichkeit ausgewählt, zu der ein „Messwert“ gehört.

Voraussetzungen:

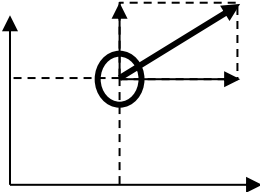
- priori-Wahrscheinlichkeiten der Klassen bekannt (Wie wahrscheinlich tritt eine bestimmte Klasse auf)
- Repräsentation der klassenbedingten Dichten der Merkmalsvektoren (Wie wahrscheinlich tritt ein „Messwert“ unter der Bedingung, dass eine bestimmte Klasse vorliegt, auf.)

Alternativen: Neuronale Netze und Support Vector Machine

| | | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| 4. Aufgabe: Tracking | a: / 5 | b: / 6 | c: / 4 | d: / 2 | / 17 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------------|

Tracking von anderen Fahrzeugen:

- a) Ergänzen Sie das Zustandsraummodell durch Ausfüllen der Übergangsmatrix für das skizzierte Freie Masse Modell. Das Modell hat die Positionen und Geschwindigkeiten in x und y Richtung als Zustände. Die Bewegungen in den beiden Raumrichtungen sollen voneinander unabhängig sein und die Geschwindigkeiten als konstant angenommen werden. Der diskrete Zeitschritt wird mit ΔT bezeichnet. (5 P.)



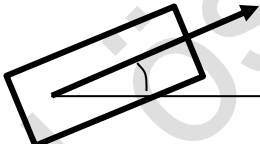
$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \\ \quad \\ \quad \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix}_{k-1}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix}_{k-1}$$

Je richtiger Geschwindigkeit (1P)

Je richtiger Position (1,5P)

- b) Ein Kollege von Ihnen schlägt nun als Alternative ein kinematisches Bewegungsmodell vor, das Bewegung nur in Orientierungsrichtung zulässt:



$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ \psi \\ v \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \psi \\ v \end{bmatrix}_{k-1} + \begin{bmatrix} \cos(\psi)v\Delta T + \frac{1}{2}\cos(\psi)a\Delta T^2 \\ \sin(\psi)v\Delta T + \frac{1}{2}\sin(\psi)a\Delta T^2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Nennen und erklären Sie jeweils einen wesentlichen Vorteil des einen Modells im Vergleich zum anderen. (6 P.)

Freies Masse Modell: linear \rightarrow Kalman filter nutzbar, sehr einfach zu berechnen

Kinematisches Modell: bessere Modellierung von Fahrzeugbewegungen

Abbildung Ausrichtung

Keine Bewegungen quer zur Ausrichtung

- c) Angenommen Sie verwenden das kinematische Bewegungsmodell für das absolute Tracken von Fahrzeugen mittels Kalman Filter. Nennen Sie die zwei relevantesten Modellierungsungenauigkeiten des verwendeten Modells. (4 P.)

Konstante Geschwindigkeit/fehlende Beschleunigung (2P)

Konstanter Gierwinkel/kein Gieren/fehlende Gierrate (2P)

Evtl. noch gelten lassen: fehlender Schwimmwinkel (0,5P)

- d) Erklären Sie kurz, wie solche Modellierungsungenauigkeiten im Kalmanfilter berücksichtigt werden. (2 P.)

Prozessrauschen, Q, Einfluss auf Kovarianz, weniger Vertrauen in Modell im Vergleich zu Messung ...

| | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|------------|
| 5. Aufgabe: Funktionslogik Regelung | a: /3 | b: /4 | c: /3 | d: /8 | /18 |
|--|-------|-------|-------|-------|------------|

Für die Fahrzeugquerführung wird ein Lane Keeping Assist mit einer Trajektorienplanung eingesetzt.

- a.) Geben Sie drei wesentliche Bedingungen an, welche die Trajektorie erfüllen muss, um das Fahrzeug geeignet führen zu können. (3 P.)

Lösung Skript Seite 148:

Allgemeine Bedingungen an eine Trajektorie:

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

Zur Sicherstellung der stationären Genauigkeit einer Querführungsregelung soll ein Störgrößenbeobachter zum Einsatz kommen.

- b.) Nennen Sie zwei Störungsursachen, die auftreten können und erläutern Sie kurz wozu diese führen. (4 P.)

Lösung Skript Seite 154

Ursache: Seitenwind oder hängende Fahrbahn verursachen Seitenkraftstörung bzw. Drehmomentenstörung

Führen zu: Gierratenstörung und Schwimmwinkelstörung

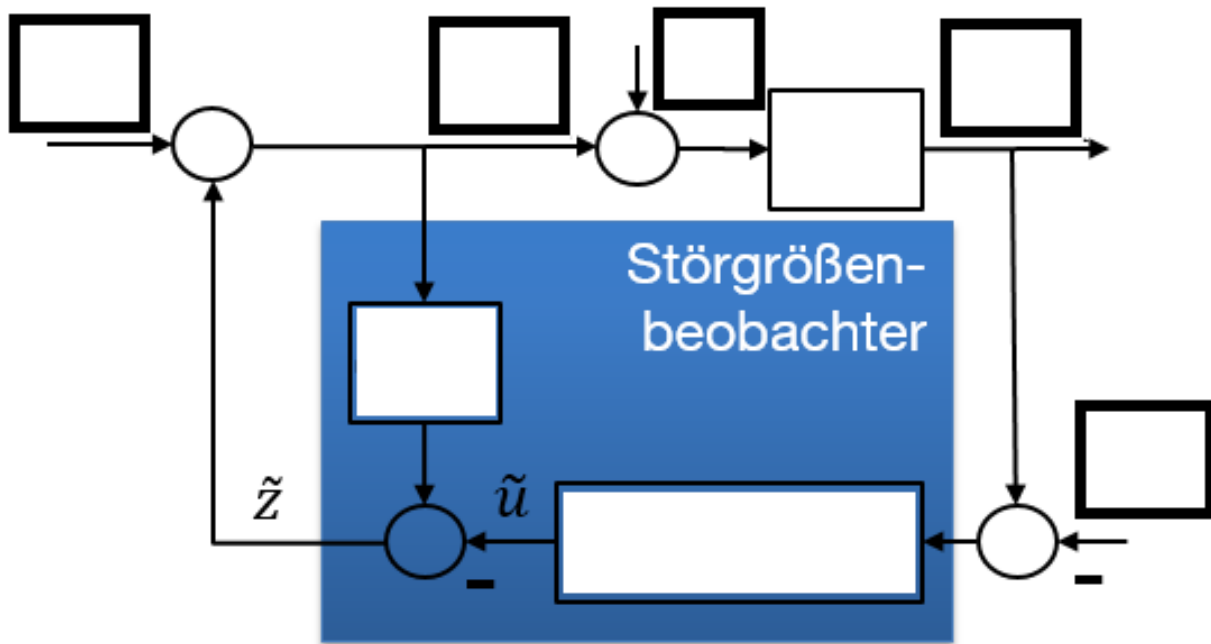
- c.) Nennen Sie drei Vorteile eines Störgrößenbeobachters im Vergleich zu einem Integralanteil im Regler. (3 P.)

Lösung Skript Seite 152:

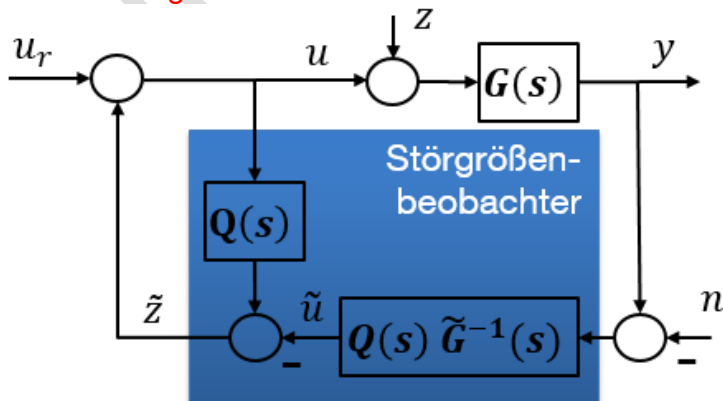
Vorteile eines Störgrößenbeobachters:

- Möglichkeit Begrenzungen direkt zu berücksichtigen.
- Einstellbarer Grad der Störkompensation.
- Vermeidung von Windup.
- Integration von messbaren Störgrößen.

d.) Vervollständigen Sie das dargestellte Blockschaltbild eines Störgrößenbeobachters. (8 P.)



Lösung Skript Seite 155
Blockschaltbild Störgrößenbeobachter:



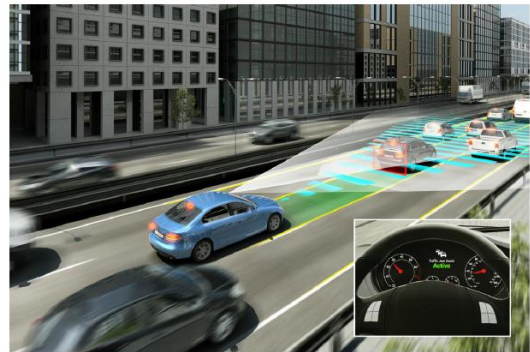
- a.) Die Situationserfassung und -interpretation ist eine wesentliche Komponente innerhalb der funktionalen Systemarchitektur eines Fahrerassistenzsystems. Nennen Sie 5 relevante Situationsaspekte, die bei der Entwicklung eines Stauassistenten berücksichtigt werden müssen. (5 P.)

Lösung:

1 Punkt je Beispiel

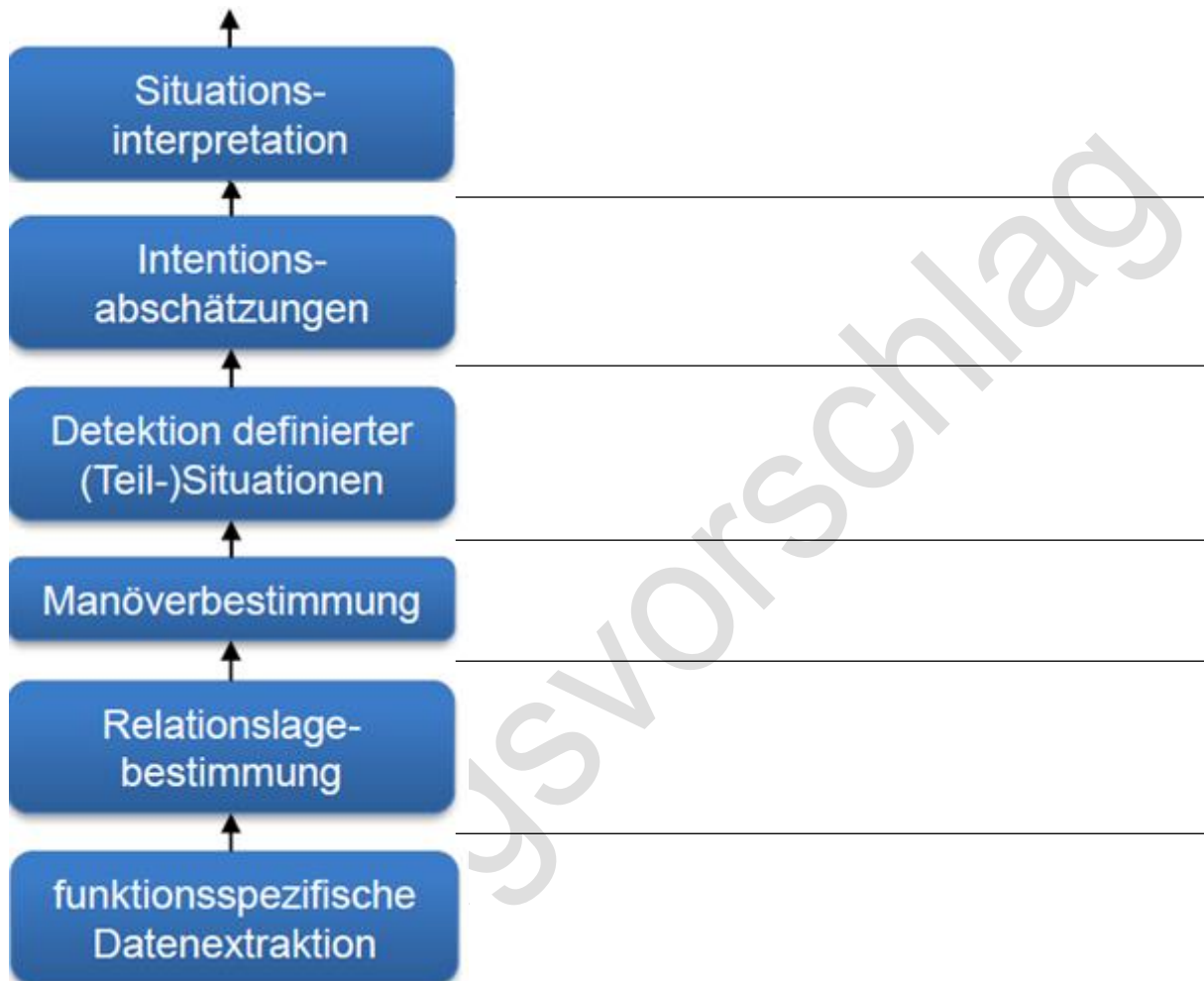
Beispiel Stauassistent

- Relevante Situationsaspekte, die berücksichtigt werden müssen:
 - Art der Stausituation (stehend oder bewegt)
 - Fahrstreifen-Objektzuordnung
 - Einscherersituation vor Ego-Fahrzeug
 - Einfädelsituation
 - Fahrstreifenende
 - Kolonne vor Ego-Fahrzeug
 - Kolonne oder Randbebauung links oder rechts
 - ...



Bildquelle: Auto.de

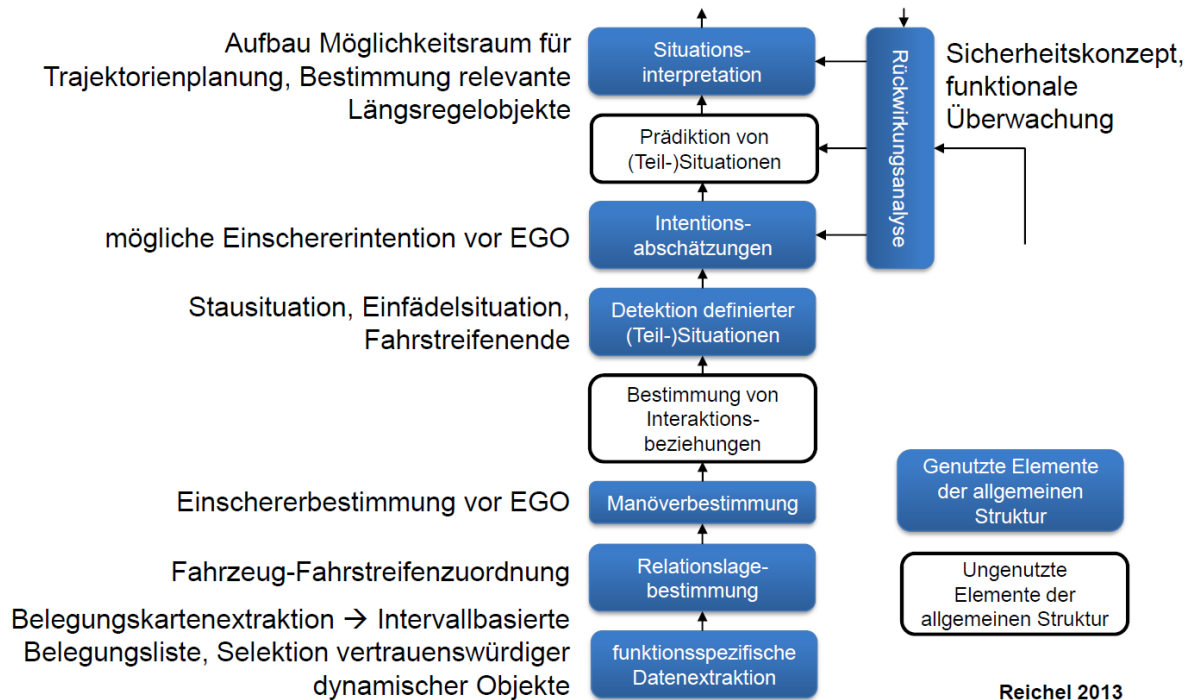
- b.) Um zu einem Ergebnis bei der Situationsinterpretation zu gelangen werden verschiedene Schritte innerhalb einer Situationsanalyse durchlaufen. Bitte erläutern Sie die unten dargestellten Schritte am Beispiel des Stauassistenten. (12 P.)



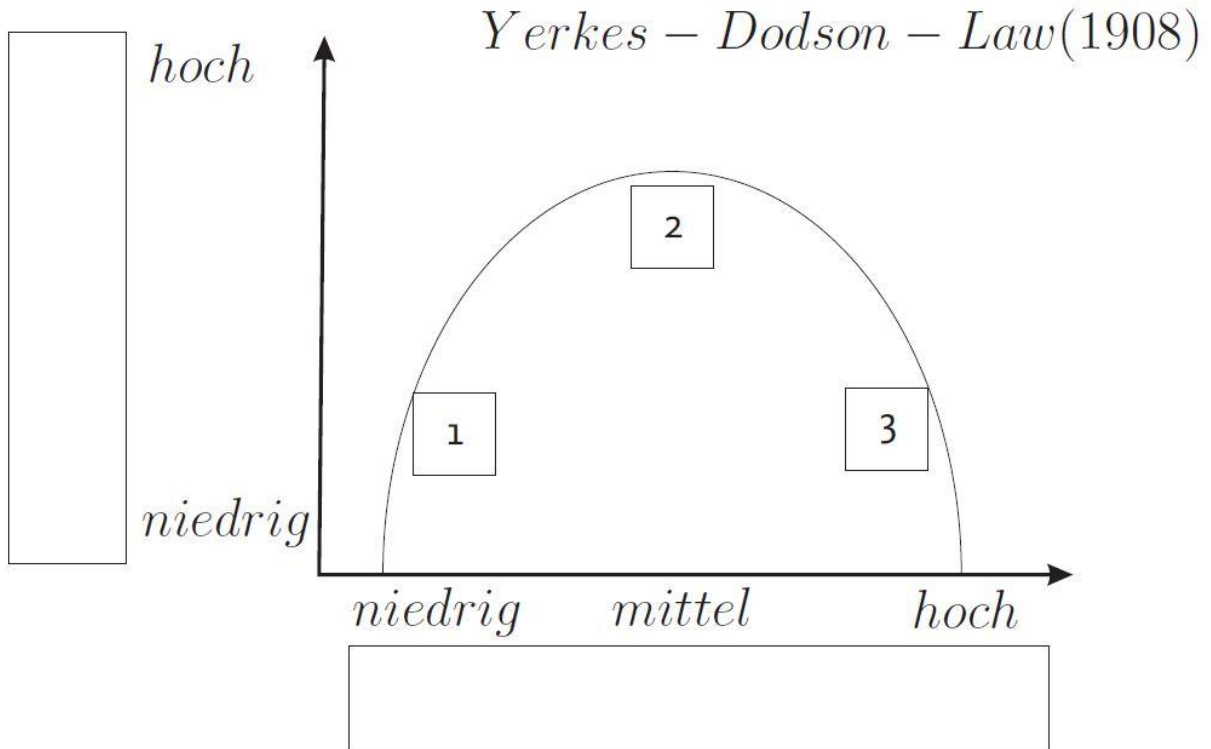
Lösung:

2 Punkte je Korrekter Erläuterung

Funktionale Systemarchitektur innerhalb der Situationsanalyse (Bsp. Stauassistent)



Beschriften Sie die Achsen (Kästen) im Diagramm und beschreiben Sie für jeden Fahrerzustand (1, 2, 3) eine Situation. (4 P.)



Vertikal: Performance (Leistung) (0,5P)

Horizontal: Arousal (Aktivierung, Erregung) (0,5P)

Beispiele (1P pro korrekter Situation, nur eine Situation pro Fahrerzustand!):

| | |
|---|--|
| 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. |
| 1 | Der Fahrer fährt in einem hohen Automationsgrad. Die Automation fällt niemals aus. |
| 2 | Der Fahrer ist konzentriert und fährt manuell. |
| 3 | Der Fahrer ist in ein Gespräch mit dem Beifahrer vertieft. |
| 3 | Der Fahrer sucht in einem belebten Stadtzentrum nach einem Parkplatz. |
| 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 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 durch eine Wippe am Lenkrad verringert oder vergrößert werden. (5 P.)

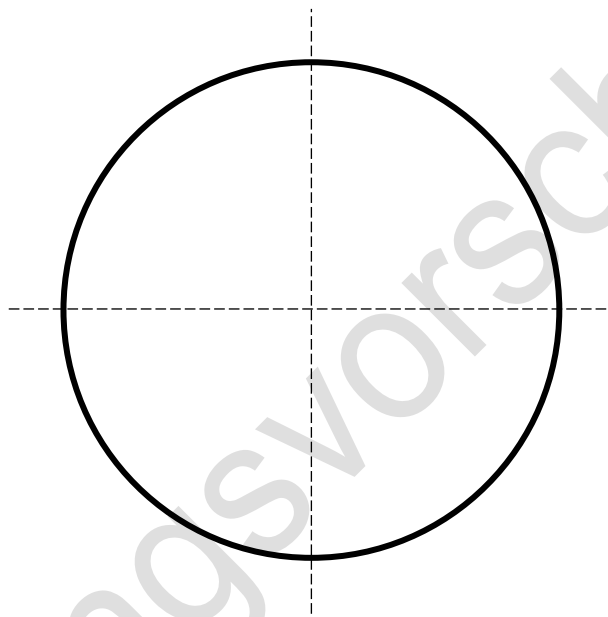


Zeitlücke verringern

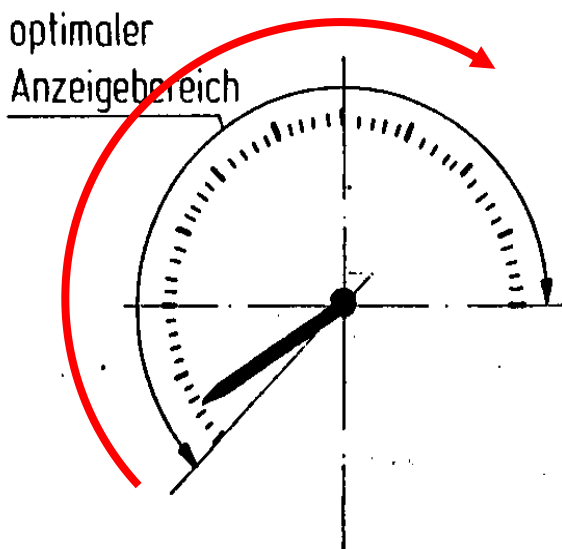
Zeitlücke vergrößern

- Primäre innere Kompatibilität: Obere Taste = zu, mehr (2,5P)
 - Zeitlücke wird jedoch verringert, Abstand der Fahrzeuge im Kombiinstrument nimmt ab -> Verletzung der Kompatibilität
- Primäre äußere Kompatibilität: (2,5P)
 - Fahrzeuge seitlich dargestellt, Ego-Fzg bewegt sich nicht passend zur Verstellung der Zeitlücke -> Verletzung der Kompatibilität
 - Oder: Fahrzeuge seitlich und nicht perspektivisch von hinten, -> Verletzung der Kompatibilität

b.) Zeichnen Sie in der unten dargestellten Drehzahlanzeige den optimalen Anzeigebereich und die korrekte Drehrichtung für eine Zunahme der Drehzahl ein. (2 P.)



je 1P für Anzeigebereich und Drehrichtung:



| | | | |
|--|-------|-------|-----------|
| 9. Aufgabe: Auswirkungen von Automation | a: /4 | b: /3 | /7 |
|--|-------|-------|-----------|

a) Nennen Sie jeweils genau eine positive und eine negative Auswirkung von ersetzender Assistenz und warnender Assistenz auf den Fahrer. (4 P.)

(Je 1P pro korrekt genannter Auswirkung)

Ersetzend:

- Positiv: Entlastung des Fahrers.
- Negativ:
 - Reduktion der Aufmerksamkeit,
 - Rückzug aus der unterstützten Fahraufgabe,
 - Neigung zur Beschäftigung mit Nebenaufgaben
 - Verringertes Situationsbewusstsein für nicht überwachungsrelevante Reize

Warnend:

- Positiv:
 - Erhalten der motorischen Ausführung, Verbleiben im Controlling.
 - Steigerung der Aufmerksamkeit
 - Kaum Neigung zu Nebenaufgaben
- Negativ: Höhere Beanspruchung des Fahrers

b) Erläutern Sie den Begriff Vigilanz und nennen Sie eine Möglichkeit zur Messung der Vigilanz. (3 P.)

Definition (2P):

Unter Vigilanz versteht man die Fähigkeit zur genauen Wahrnehmung und Reaktionsbereitschaft auf seltene Reize über einen längeren Zeitraum hinweg (Daueraufmerksamkeit).

Messung der Vigilanz (1P):

- Elektroenzephalografie (EEG): Abschätzung über die Alpha-Aktivität

| | | | | | | | | |
|--|----|------|------|------|------|----|----|------------|
| 10. ASIL Modell und Controllability | a: | b: | c: | d: | e: | f: | g: | |
| | /3 | /4,5 | /1,5 | /4,5 | /2,5 | /1 | /1 | /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 Querführungsassistenten 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 m/s^2 . Ohne Eingriff des Fahrers droht innerhalb von 5 Sekunden eine Kollision.
- 3. Unerwartete Blockierbremsung:** Das Ego-Fahrzeug nähert sich mit aktiviertem Autobahnassistent in einer leichten Kurve mit 130 km/h einem anderen, mit 80 km/h vorausfahrenden Fahrzeug. Anstatt einer geregelten automatischen Verzögerung mit maximal 5 m/s^2 blockieren unerwartet beide Hinterräder. Durch die Blockierbremsung der Hinterräder wird das Ego-Fahrzeug aus dem eigenen Fahrstreifen abgelenkt.

Werte zur Auftretenswahrscheinlichkeit:

Folgende Werte gelten für die Auftretenswahrscheinlichkeiten:

- Im Durchschnitt wird der Autobahnassistent nur in 15% der Betriebszeit des Fahrzeugs aktiviert.
- 60% dieser Aktivierungszeit befindet sich das Fahrzeug in oben beschriebenen Folgefahrten.

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: (3 P.)

| Fehlerbilder | Severity - S (je 1 P.) |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Übernahme-Aufforderung | S0 |
| 2. Verzögerung | S0 |
| 3. 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: (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 (5 s) |
| 3. Blockierbremsung | C3 | Beispiele: - -> schwer kontrollierbar (130 km/h) - Normalfahrer unkontrollierbar |

Weitere Fragen zum ASIL-Modell und zur Controllability:

- c.) Auf welchen maximalen Wert ist die Hardware Ausfall-Fehlerrate in der ISO 26262 für ASIL-D begrenzt? (1 P. richtiger Wert, 0,5 P. Einheit)

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

- d.) Geben Sie die Formel für das Risiko aus der Gefahren- und Risikoanalyse an: (3 P. für abhängige Variablen 1,5 P. für korrekte Formel)

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

- e.) Geben Sie die Formel für die Auftretensfrequenz des Gefahrenereignisses mit den Faktoren der Ausfallrate des Systems und der Auftretenswahrscheinlichkeit der Fahrsituation an: (2 P. Faktoren, 0,5 P. für korrekte Formel)

$$f = \lambda \cdot E$$

- f.) Welche Anzahl an gültigen Datensätzen für die Controllability fordert die ISO 26262 mit Verweis auf den ADAS Code of Practice? (1 P.)

20

- g.) Welcher Nachweis kann nach der erfolgreichen Anwendung des Code of Practice für ADAS – als Bestätigung, dass das ADAS verwendungssicher ist – ausgefüllt werden? (Anhang B.1.2, S. A47) (1 P.)

Dokumentationsblatt

11. Aufgabe: Entwicklungsprozess

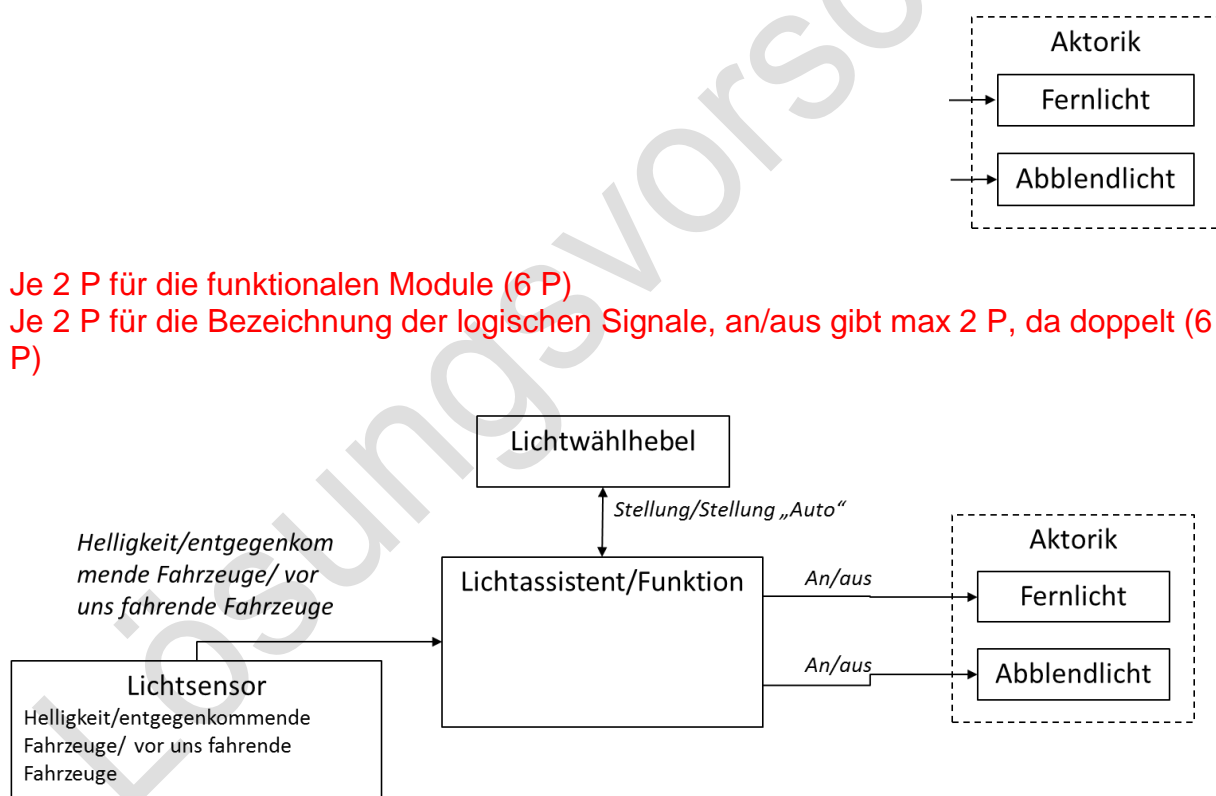
a: /12

b: /2

/ 14

Sie arbeiten an der Konzeptentwicklung für einen Lichtassistenten. Die Funktion soll abhängig von der aktuellen Verkehrssituation und der Helligkeit des Fernlichts und des Abblendlichts (normales Fahrlicht) jeweils an und ausschalten können. Für die Wahrnehmung der aktuellen Situation soll ein Lichtsensor (nach vorne gerichtet, erkennt auch die Helligkeit von entgegenkommenden Scheinwerfern sowie Rücklichtern) verwendet werden. Die Funktion soll nur aktiv sein, wenn sich der Lichtwählhebel in der Stellung „Auto“ befindet.

- a) Skizzieren Sie eine funktionale Systemarchitektur, in der die relevanten funktionalen Bestandteile aus den Bereichen Sensorik/Wahrnehmung, Funktion, HMI und Aktorik dargestellt sind. Bezeichnen Sie sowohl die funktionalen Bestandteile als auch die logischen Informationsflüsse. Ergänzen Sie dafür folgende Skizze. (12 P.)



Je 2 P für die funktionalen Module (6 P)

Je 2 P für die Bezeichnung der logischen Signale, an/aus gibt max 2 P, da doppelt (6 P)

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

2P für sinnvolle und verständliche Fehlfunktion wie:

Beide Lichter ausschalten, oder Fernlicht an bei Gegenverkehr

Abzüge für Unverständlichkeit, deutlich unkritische Fehler,

Nennen und erklären Sie kurz zwei anerkannte Risikoreferenzmodelle. (6 P.)







1 P auf richtige Bezeichnung oder Abkürzung, 2 P auf richtige Erklärung

- As low as Reasonably Practicable (ALARP)
 - Vertretbare Risikoreduktionsmaßnahmen müssen ergriffen werden
- Globalement Au Moins Aussi Bon (GAMAB)
 - Mindestens gleiche Sicherheit (wie vergleichbare bestehende Systeme)
- Minimum Endogenous Mortality (MEM)
 - Sterberate durch technische Systeme darf nicht über normaler Sterblichkeitsrate liegen

In der Unfallforschung gibt es verschiedene Arten- und Typen-Bezeichnungen innerhalb welcher Unfälle genauer klassifiziert werden. Dies ermöglicht bspw. ein gezieltes Durchsuchen von Datenbanken.

Nennen Sie vier verschiedene Arten- oder Typen-Bezeichnungen, mit einer kurzen Erklärung des Bezuges und einem Beispiel. (jeweils 1,5 P.)

Lösung:

| Bezeichnung | Unfallart | Unfalltyp | Kollisionsart | Kollisions-typ | Aufprallart | Aufpralltyp |
|-------------|--|--|---|--|--|--|
| Bezug | Betrachteter oder am schwersten betroffener Kontrahent | Art der Konflikt-auslösung (Einteilung der Polizei) | Betroffene Kollisions-kontrahenten | Geometrische Konstellation der Kollision | Ort der Beschädigung bzw. Krafteinwirkung am betrachteten Fahrzeug | Detailliertes Beschädigungs-muster am betrachteten Fahrzeug |
| Beispiel |  Fußgänger-unfall oder Pkw-Unfall |  Fahrerunfall oder Unfall im Längsverkehr |  Lkw-Pkw-Kollision |  Schräge Frontalkolli-sion <45° mit voller Überde-ckung f. den Pkw u. Offset für den Lkw |  Seitenaufprall |  11FYMW3 30% (VDI) oder BG3 (GDV) |

14. Aufgabe: Analyse und Bewertung FAS

a: / 5

b: / 3

c: / 3

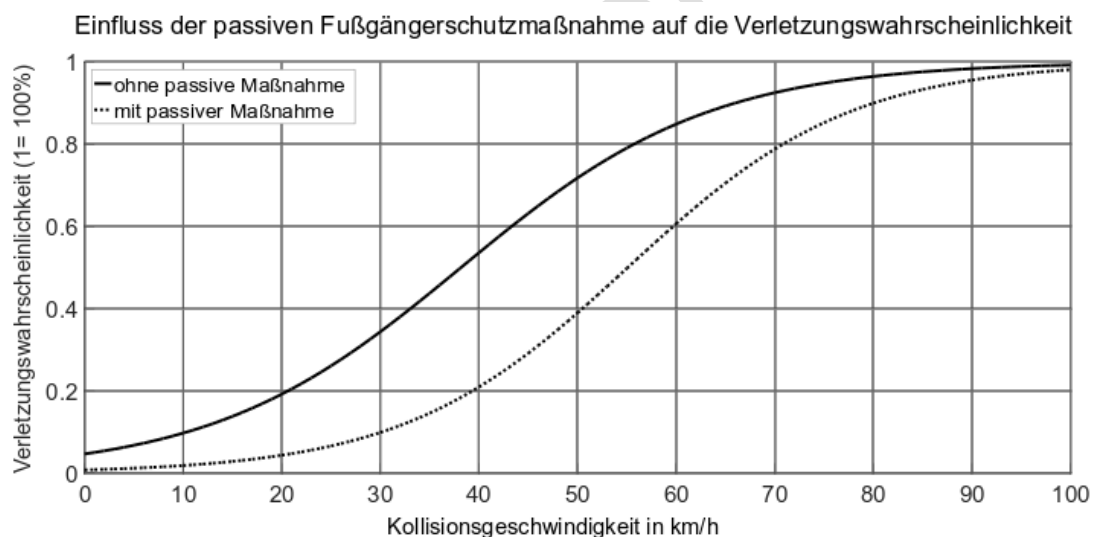
/ 11

Als Entwickler möchten Sie den Nutzen eines Notbremsassistenten für Fußgänger bewerten, welcher Unfälle bis zu einer Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h verhindert. Als ein kritisches Szenario betrachten Sie nun das Erfassen eines sich in entgegengesetzter Richtung bewegenden Fußgängers.

| Angabe | |
|--|---------|
| Geschwindigkeit Fahrzeug | 40 km/h |
| Geschwindigkeit Fußgänger | 5 km/h |
| Maximale Ausgangsgeschwindigkeit Notbremssystem für Unfallvermeidung | 50 km/h |

| Verletzungsrisikofunktionen (MAIS3+) abhängig von der Kollisionsgeschwindigkeit PKW zu Fußgänger in km/h | |
|--|--|
| Ohne passive Maßnahme | $\beta_0 = -3,016$ und $\beta_1 = 0,079$ |
| Mit passive Maßnahme | $\beta_0 = -4,848$ und $\beta_1 = 0,088$ |

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



- a) Berechnen Sie für dieses Szenario, um wie viel Prozent (absolut) die Verletzungswahrscheinlichkeit durch den Notbremsassistenten sinkt, im Vergleich zum selben Szenario ohne Notbremsassistenten und **OHNE** passive Fußgängerschutzmaßnahmen. (5 P.)

Bestimmung Kollisionsgeschwindigkeit

$$v_k = v_{PKW} + v_{Fußgänger} = \frac{(40 + 5)km}{h} = 45 \frac{km}{h} (1P)$$

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

$$p\left(45 \frac{km}{h}\right) = \frac{e^{-3,016+0,079 \cdot 45}}{1 + e^{-3,016+0,079 \cdot 45}} = 63,16 \% (2P)$$

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

$$p_{Reduktion} = p\left(45 \frac{km}{h}\right) - p\left(0 \frac{km}{h}\right) = 63,16 \%$$

Verletzungsschwere wird um 63,16 % reduziert. (1P)

- b) Berechnen Sie analog, um wie viel Prozent (absolut) die Verletzungswahrscheinlichkeit durch den Notbremsassistenten sinkt, im Vergleich zum selben Szenario ohne Notbremsassistenten und **MIT** passiven Fußgängerschutzmaßnahmen. (3 P.)

$$p\left(45 \frac{km}{h}\right) = \frac{e^{-4,848+0,088 \cdot 45}}{1 + e^{-4,848+0,088 \cdot 45}} = 29,15 \% (2P)$$

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

$$p_{Reduktion, mit passiver Schutzmaßnahme} = p\left(45 \frac{km}{h}\right) - p\left(0 \frac{km}{h}\right) = 29,15 \%$$

Verletzungsschwere mit passiver Schutzmaßnahme wird durch AEB um 29,15 % reduziert. (1P)

- c) Bestimmen Sie den Nutzen der passiven Fußgängerschutzmaßnahmen für ein Fahrzeug ohne Notbremsassistenten und den Nutzen des Notbremsassistenten für ein Fahrzeug mit passiven Fußgängerschutzmaßnahmen sowie das Verhältnis zwischen den beiden Nutzen. (3 P.)

Nutzen passiver Schutzmaßnahme (2 P)

$$p_{Reduktion, ohne passive Schutzmaßnahme} - p_{Reduktion, mit passiver Schutzmaßnahme} = 63,16 \% - 29,15 \% = 34,01 \%$$

Berechnung Verhältnis Nutzen Schutzmaßnahme zu AEB (1P)

$$\frac{34,01 \%}{29,15 \%} = 1,16648548$$

15. Aufgabe: Aktuelle Systeme

a: / 4

b: / 5

/ 9

- a) Mit Hilfe von Advanced Frontlighting Systemen kann der verwendete Lichtkegel optimal auf die aktuelle Fahrsituation angepasst werden. Nennen Sie vier Sensordaten, die für die Umsetzung dieses Systems verwendet werden. (4 P.)

Folie 11-23

Lenkwinkel

Gierrate

Leuchtweitensensor (Schlechtwetterlicht)

Navigation (prädiktive Streckendaten)

- b) Beim Stauassistent wird sowohl die Quer- als auch Längsführung bei niedrigen Geschwindigkeiten vom System übernommen. Beim Erreichen einer Systemgrenze (z. B. höhere Geschwindigkeiten) muss der Fahrer unverzüglich eingreifen. Geben Sie den Automatisierungsgrad dieses Systems nach BAST mit Angabe der Stufe und des Namens an (je 1 P.) und begründen Sie Ihre Wahl. (1 P.) Nennen Sie zudem zwei Objekttypen, die das System zur Orientierung in dieser Fahrsituation verwendet. (2 P.)

- Teilautomatisiert (Stufe 2), weil Fahrer jederzeit eingreifen können muss (Stufe 3 und 4 entfallen) und sowohl die Quer- als auch Längsführung übernommen wird (Stufe 0 und 1 entfallen).
- Fahrzeug orientiert sich am vorhandenen Vorderfahrzeug (Stausituation) und an den Fahrstreifenmarkierungen.

16. Aufgabe: Neuronale Netze

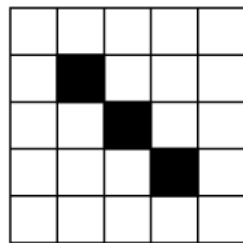
a: / 1,5

b: / 2,5

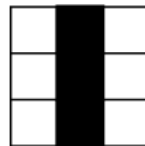
c: / 4

/ 8

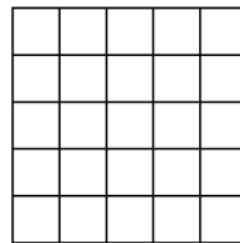
- a) Gegeben ist ein 5x5 Convolution Layer mit einem 3x3 Filter, ohne Relu-Aktivierungsfunktion. Zeichnen Sie den Ausgangslayer in die dafür vorgegebene Vorlage ein. (1,5 P.)



Eingangslayer

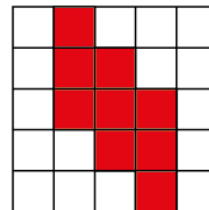
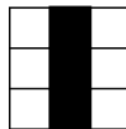
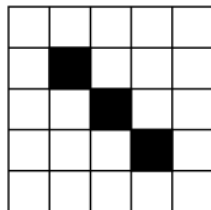


Filter

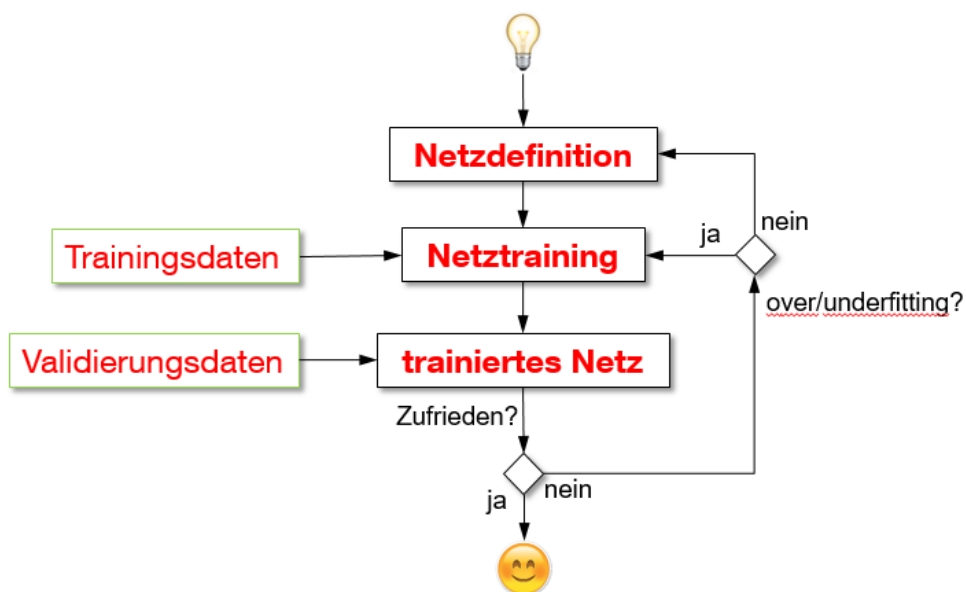
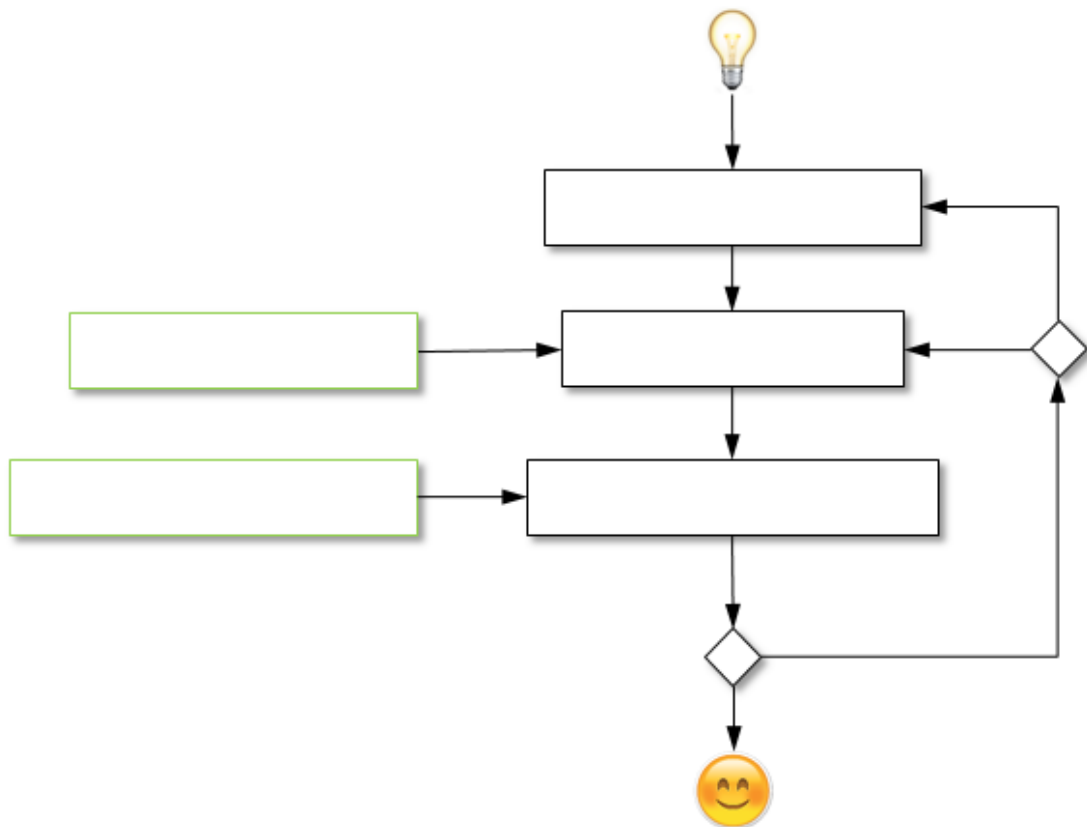


Ausgangslayer

Lösung: 1,5P:

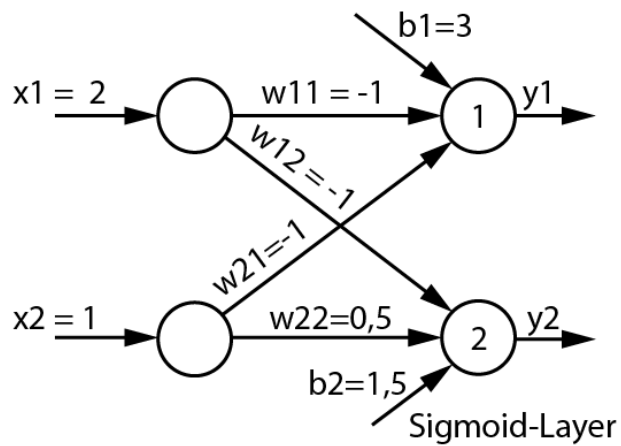


- b) Tragen Sie die Schritte zur Erstellung eines neuronalen Netzes in die dafür vorgesehenen Kästchen ein. (jeweils 0,5 P.)



0,5P pro richtige Antwort

- 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. (jeweils 1 P.)



Aktivierung Neuron 1:

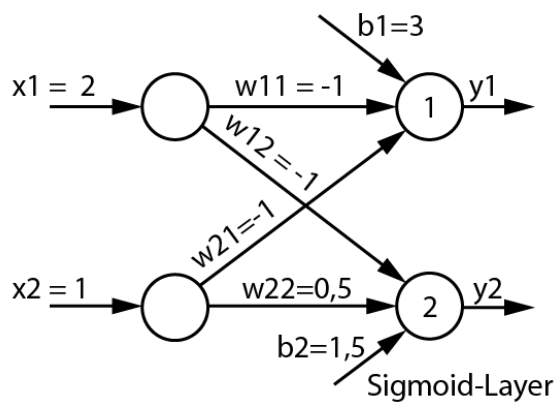
Ausgang Neuron 1:

Aktivierung Neuron 2:

Ausgang Neuron 2:

| |
|--|
| |
| |
| |
| |

Lösung:



Aktivierung Neuron 1:

Ausgang Neuron 1:

Aktivierung Neuron 2:

Ausgang Neuron 2:

| |
|-----|
| 0 |
| 0,5 |
| 0 |
| 0,5 |

1 P

1 P

1 P

1 P