

Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp

Übungen

Sommersemester 2022



Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp



Vorlesungsübersicht

01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Übung Einführung Simon Hoffmann, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen der Fahrdynamik
2. Grundlagen der Regelungstechnik



Übung Einführung Simon Hoffmann, M.Sc.

Agenda

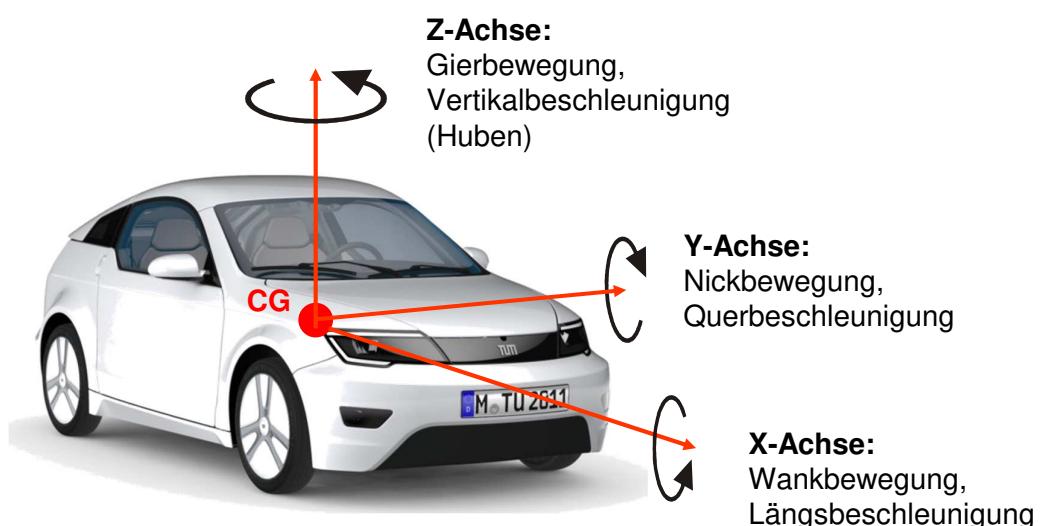
1. **Grundlagen der Fahrdynamik**
2. Grundlagen der Regelungstechnik



Umfrage

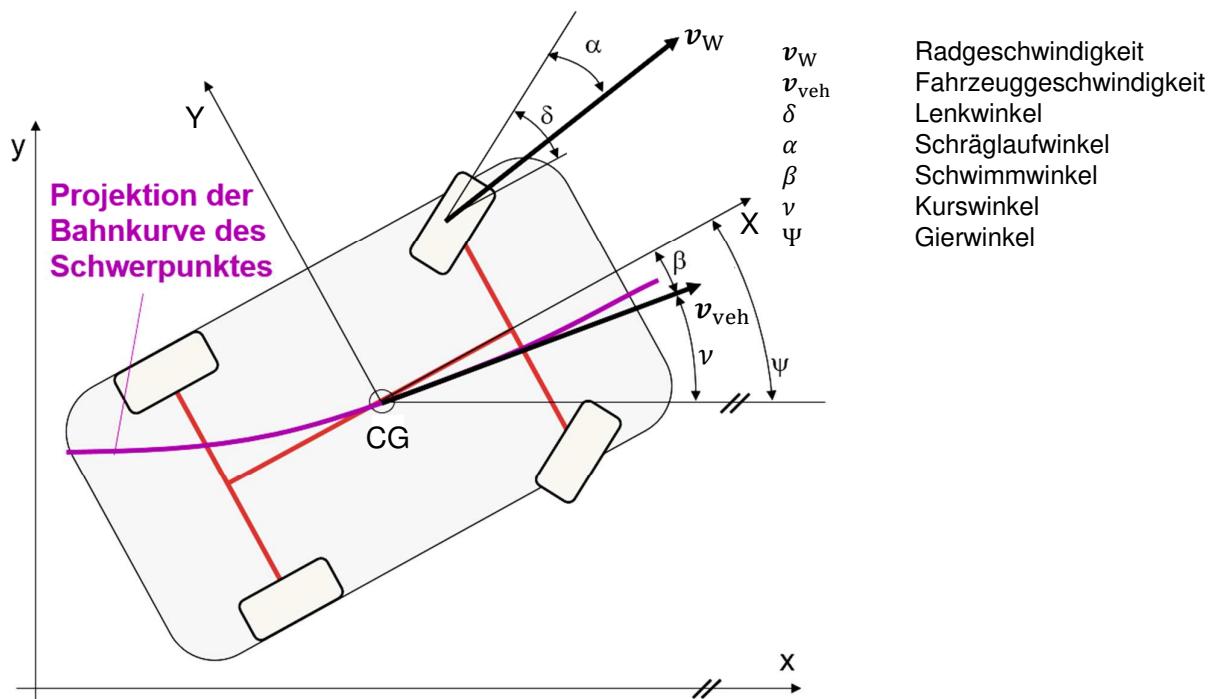
- Wer kennt den Begriff Gierrate?
- Wer kennt den Begriff Schwimmwinkel?
- Wer kennt den Begriff Schräglaufsteifigkeit?

Koordinatensystem zur Definition von Fahrzeuggbewegungen



Betrachtung im fahrzeugfesten, horizontierten Koordinatensystem

Wichtige Bewegungsgrößen des Fahrzeugs

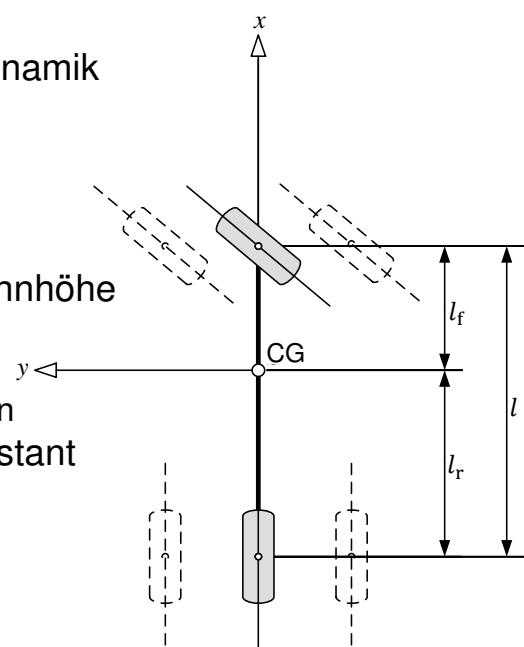


Einspurmodell – Annahmen

Einfachstes Fahrzeugmodell, das Querdynamik abbildet

Vereinfachungen:

- Räder einer Achse werden zusammengefasst
- Schwerpunkt befindet sich auf Fahrbahnhöhe
 - kein Wanken
 - kein Nicken
 - keine Radlastunterschiede vorne/hinten
- Fahrzeulgängsgeschwindigkeit ist konstant
- keine Vertikaldynamik
- kleine Winkel

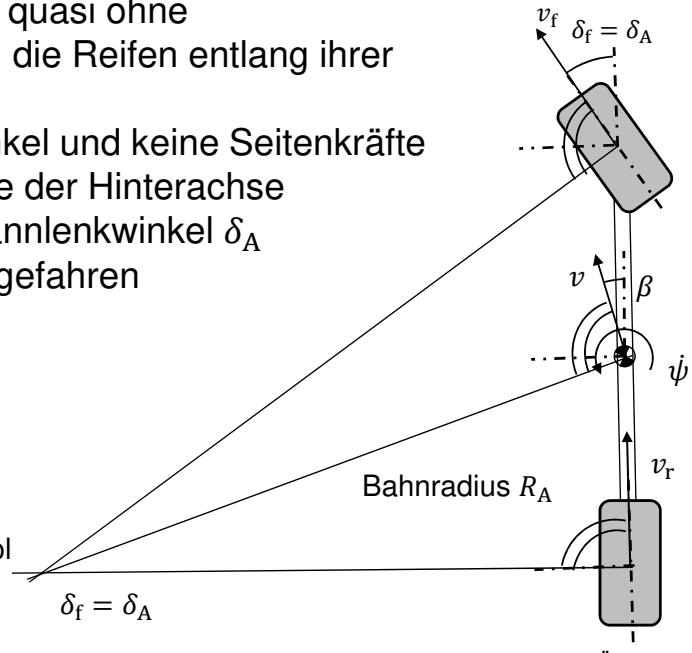


Kurvenfahrt ohne Querbeschleunigung

- Bei langsamer Kurvenfahrt quasi ohne Querbeschleunigung rollen die Reifen entlang ihrer Längsachsen ab
 - es gibt keine Schräglauwinkel und keine Seitenkräfte
 - Momentanpol liegt auf Höhe der Hinterachse
 - Lenkwinkel ist der Ackermannlenkwinkel δ_A
 - es wird der Bahnradius R_A gefahren

$$\tan \delta_A = \frac{l}{\sqrt{R_A^2 - l^2}} \rightarrow \delta_A \approx \frac{l}{R_A}$$

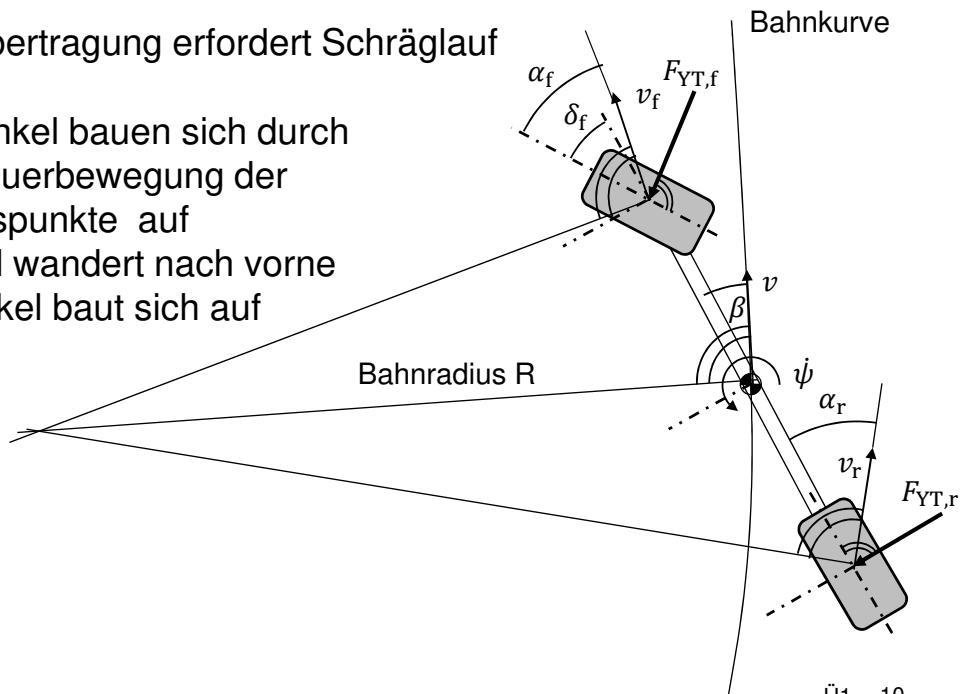
Momentanpol



Kurvenfahrt mit Querbeschleunigung

- Seitenkraftübertragung erfordert Schräglau der Reifen
 - Schräglauwinkel bauen sich durch zusätzliche Querbewegung der Radaufstandspunkte auf
 - Momentanpol wandert nach vorne
 - Schwimmwinkel baut sich auf

Momentanpol



Übung Einführung Simon Hoffmann, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen der Fahrdynamik
2. **Grundlagen der Regelungstechnik**



Umfrage

- Wer hat die Grundlagenvorlesung „Regelungstechnik“ von Prof. Lohmann gehört?
- Wer hat die Vorlesung „Systemtheorie“ von Prof. Lohmann gehört?
- Wer hat die Vorlesungen „Moderne Methoden der Regelungstechnik“ von Prof. Lohmann gehört?

Motivation

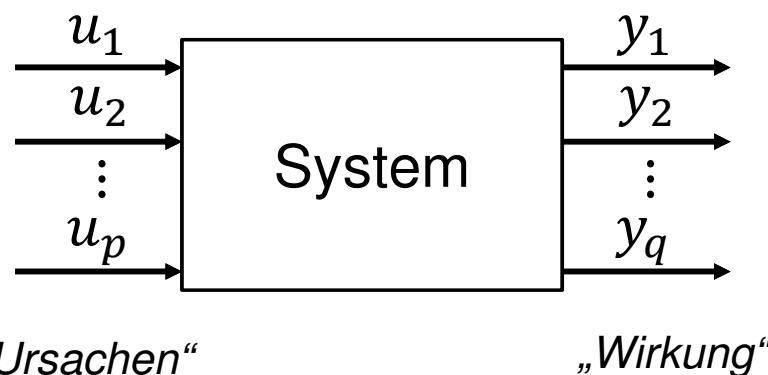
Anwendung von Systemtheorie / Regelungstechnik in VL-Kapiteln



Definition System (abstrakt)

- Definition (System):

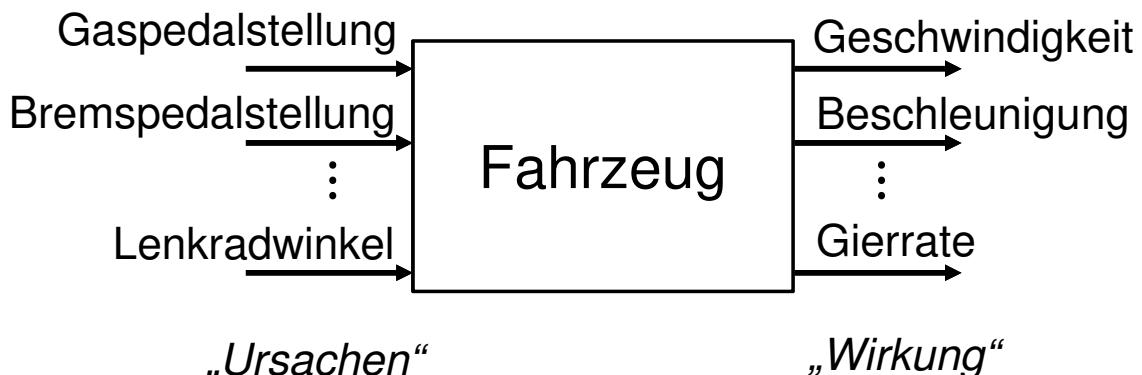
Durch den Anwender gegenüber der Umgebung abgegrenzter Prozessteil, der über Ein- und Ausgangssignale mit der Umgebung in Verbindung steht.



Definition System (anschaulich)

- Definition (System):

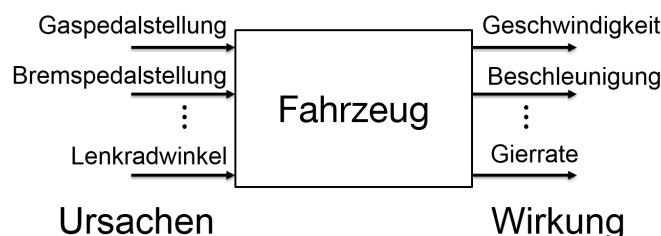
Durch den Anwender gegenüber der Umgebung abgegrenzter Prozessteil, der über Ein- und Ausgangssignale mit der Umgebung in Verbindung steht.



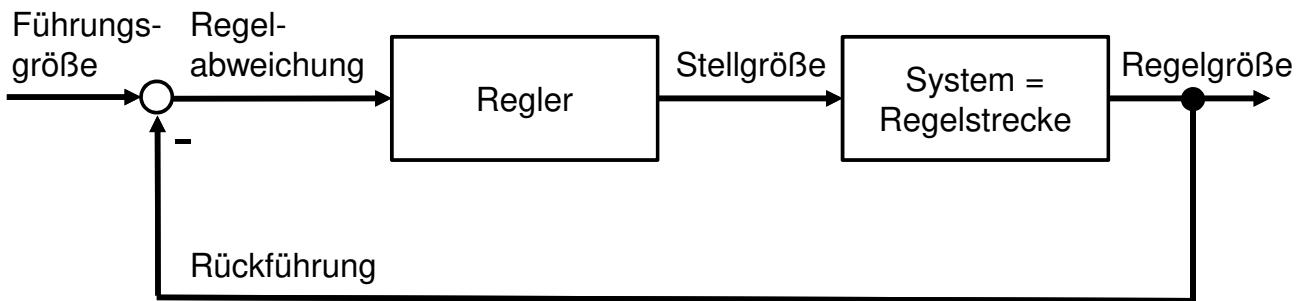
Einführung Regelungstechnik

Ziel Regelungstechnik:

- gezielte Beeinflussung der Ausgangsgrößen
- Dynamik des Systems
- Stabilität von
 - systeminterne Größen (Übertragungsfunktion – Pole, Nullstellen)
 - Ein-/Ausgangsgrößen (Übertragungsstabilität)

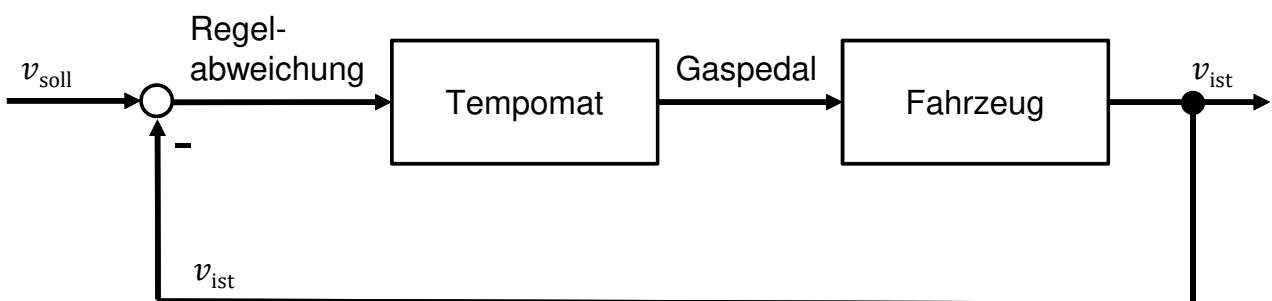


Standardregelkreis (abstrakt)



Standardregelkreis (anschaulich)

Am Beispiel eines Geschwindigkeitsregeltempomaten



Modellierung

- Modell = vereinfachtes Abbild der Realität
- Vereinfachung ist stark abhängig von Funktion
- Extrembeispiele
 - Tempomat (Längsführung) vs.
 - hochautomatisiertes Fahrzeug (Längs- und Querführung)

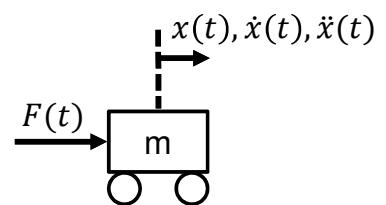


Beispiele für mögliche Bewegungsmodelle

1-D Masse-Modell (zeitkontinuierlich)

- Physikalische Gleichung:

$$\ddot{x}(t) = \frac{1}{m} F(t) \quad (\text{Newton})$$



- Zustandsgrößen:

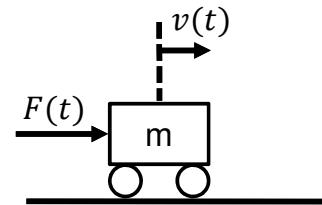
$$x(t) = \begin{bmatrix} x(t) \\ \dot{x}(t) \end{bmatrix} \quad \dots \text{einmal abgeleitet...} \quad \dot{x}(t) = \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \ddot{x}(t) \end{bmatrix}$$

Umformung zu einem allgemeinen *Zustandsraum-Modell* der Form
 $\dot{x}(t) = \mathbf{A} \cdot x(t) + \mathbf{b} \cdot u(t), \quad y(t) = \mathbf{C} \cdot x(t) + \mathbf{d} \cdot u(t)$

- $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{m} \end{bmatrix} \cdot F(t), \quad y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t)$

Beispiele für mögliche Bewegungsmodelle

2-D Masse-Modell (zeitkontinuierlich)



- Gleichungen:
 - $\dot{v}_X(t) = \frac{1}{m} F_X(t)$
 - $\dot{v}_Y(t) = \frac{1}{m} F_Y(t)$

- Umformung mit $x(t) = \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \\ v_X(t) \\ v_Y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \\ \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \end{bmatrix}$

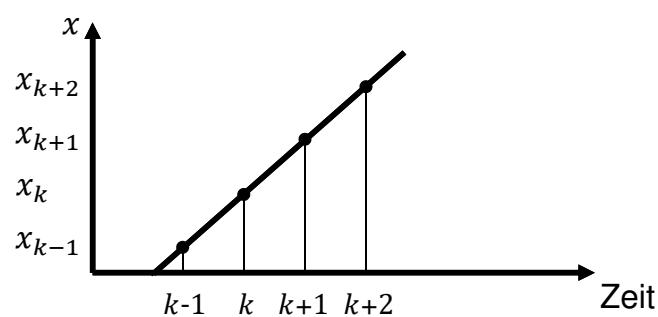
- $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{m} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{m} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} F_X(t) \\ F_Y(t) \end{bmatrix}$

Beispiele für mögliche Bewegungsmodelle

1-D Masse-Modell (zeitdiskret, k = Zeitschritte)

- Gleichung:

$$x_k = x_{k-1} + \Delta T \cdot v_{k-1}$$
 - Annahme:
 $v = \text{const.}$



- Umformung:

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

Beispiele für mögliche Bewegungsmodelle

2-D Masse-Modell (zeitdiskret, k = Zeitschritte)

- Gleichung:

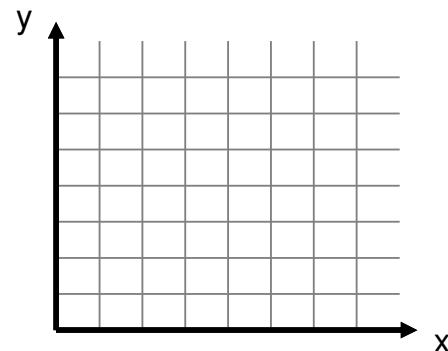
$$x_k = x_{k-1} + \Delta T \cdot v_{X,k-1}$$

$$y_k = y_{k-1} + \Delta T \cdot v_{Y,k-1}$$

- Annahme:

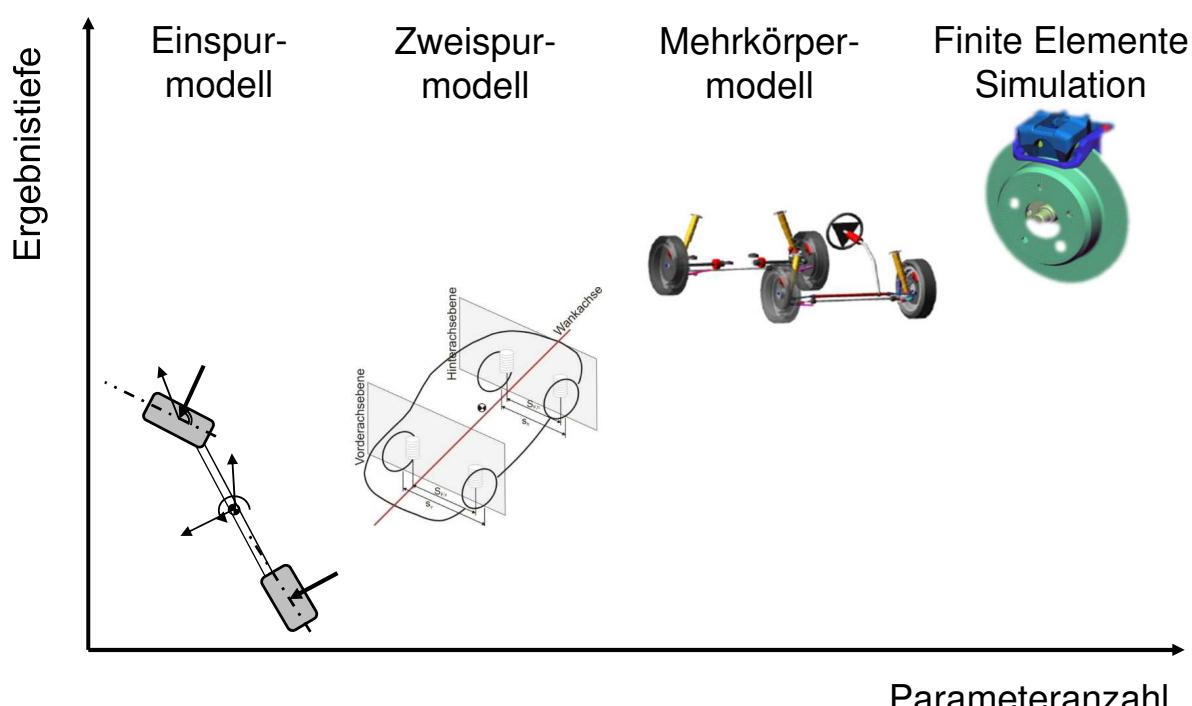
$$v = \text{const.}$$

- Umformung:



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

Aussagekraft verschiedener Fahrzeugmodelle



Einspurmodell – Lineares Zustandsraummodell

$$\dot{\underline{x}} = \underbrace{\begin{pmatrix} -\frac{c_{\alpha,f} + c_{\alpha,r}}{mv} & -1 + \frac{l_r c_{\alpha,r} - l_f c_{\alpha,f}}{mv^2} \\ \frac{l_r c_{\alpha,r} - l_f c_{\alpha,f}}{J_{ZZ}} & -\frac{l_f^2 c_{\alpha,f} + l_r^2 c_{\alpha,r}}{J_{ZZ} v} \end{pmatrix}}_A \cdot \underline{x} + \underbrace{\begin{pmatrix} \frac{c_{\alpha,f}}{mv} \\ \frac{l_f c_{\alpha,f}}{J_{ZZ}} \end{pmatrix}}_B \cdot u$$

Zustandsgrößen
 $\underline{x} = \begin{pmatrix} \beta \\ \psi \end{pmatrix}$

Eingangsgröße
 $u = \delta_f$

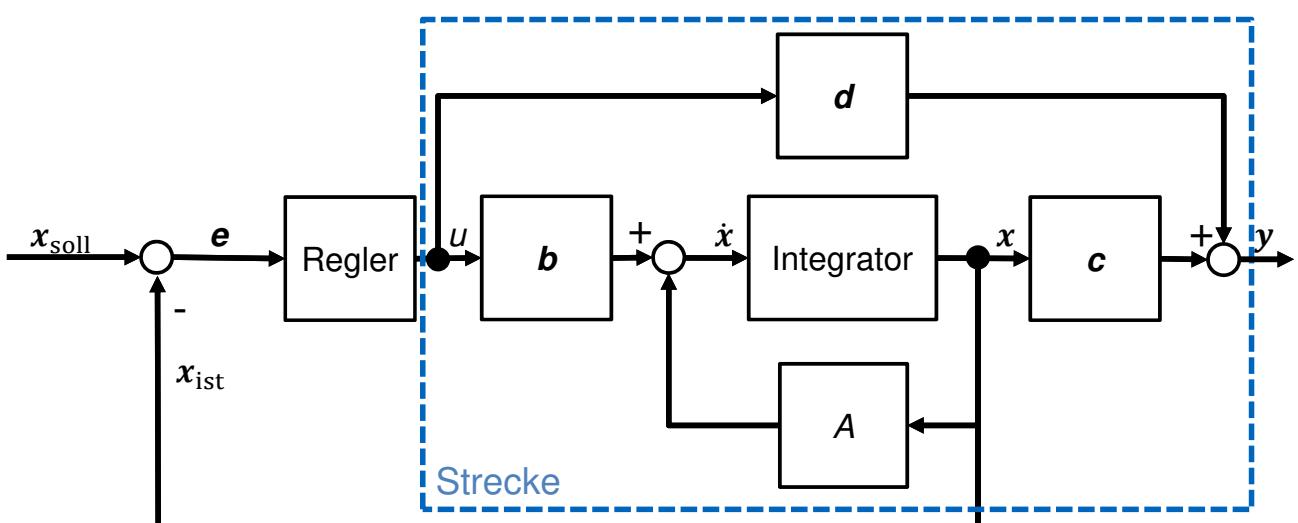
Als Ausgang wird hier die Querbeschleunigung gewählt:

$$a_Y = \beta \cdot \left(-\frac{c_{\alpha,f} + c_{\alpha,r}}{m} \right) + \dot{\psi} \cdot \left(\frac{l_r c_{\alpha,r} - l_f c_{\alpha,f}}{mv} \right) + \delta_f \cdot \frac{c_{\alpha,f}}{m}$$

$$\underline{y} = \underbrace{\begin{pmatrix} -\frac{c_{\alpha,f} + c_{\alpha,r}}{m} & \frac{l_r c_{\alpha,r} - l_f c_{\alpha,f}}{mv} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}}_C \cdot \underline{x} + \underbrace{\begin{pmatrix} \frac{c_{\alpha,f}}{m} \\ 0 \end{pmatrix}}_D \cdot u$$

Ausgangsgrößen
 $\underline{y} = \begin{pmatrix} a_Y \\ \dot{\psi} \end{pmatrix}$

Signalflussplan einer geregelten Strecke



Allgemeines Zustandsraum-Modell:
 $\dot{x}(t) = \mathbf{A} \cdot x(t) + \mathbf{b} \cdot u(t),$ $y(t) = \mathbf{c}^T \cdot x(t) + \mathbf{d} \cdot u(t)$

Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp



Vorlesungsübersicht

01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Übung Kantenerkennung in Bildern

Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen
 - 1.1 Kanten
 - 1.2 Faltung
2. Operatoren
 - 2.1 Sobel-Operator
 - 2.2 Laplace-Filter
3. Matlab-Übungsaufgaben



Was soll hängen bleiben?

- Warum sind Kanten für FAS wichtig?
- Wie funktioniert die diskrete Faltung?
- Wie werden einfache Filtermasken für die Kantendetektion hergeleitet?
- Wie funktioniert die Anwendung?

Übung Kantenerkennung in Bildern

Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

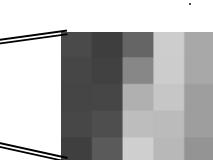
1. Grundlagen

- 1.1 Kanten
- 1.2 Faltung
- 2. Operatoren
- 2.1 Sobel-Operator
- 2.2 Laplace-Filter
- 3. Matlab-Übungsaufgaben



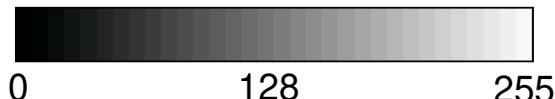
Bildvorbereitung

- Annahme: eigentliches Bild ist stetige Funktion (\Rightarrow Herleitung)
 - \rightarrow Kennen nur Werte auf diskretem Gitter
 - \rightarrow Werte des Gitters \rightarrow Matrix
 - Verwendung nur eines Kanals (z.B. Helligkeit)
- (Bild ist Funktion $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$)



75	63	102	206	169
71	66	136	205	169
70	71	177	199	159
72	79	190	188	159
64	91	208	185	149

Helligkeitsdarstellung mit 8 bit



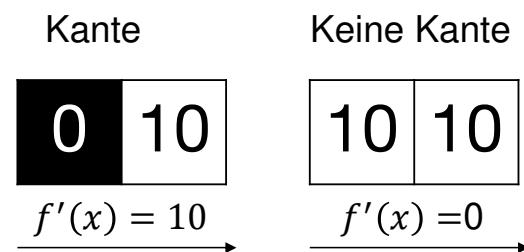
Warum Kanten?

- Stellen mit abrupter Helligkeitsänderung
- Optisch prägnante Bildmerkmale
- Ermöglichen Umrisse von Menschen, Objekten etc. wahrzunehmen
- Spielen wichtige Rolle beim menschlichen Sehen
- Gehören zu den wichtigsten Bildinformationen (Extremfall: selbst Strichzeichnungen genügen, um Personen, Objekte usw. zu erkennen)



Eigenschaften von Kanten

- Lokal starke Intensitätsänderung entlang ausgeprägter Richtung
- Betrachtung der Ableitung der Bildfunktion
- Kanten → lokale Maxima der Ableitung



Anforderungen an Kantenfilter

Verschiebungsfreiheit:

→ Kantendetektion invariant unter Verschiebungen

Isotropie (Invarianz unter Bilddrehungen):

→ Intensität/Erkennungsgüte nicht von Kantenrichtung abhängig

→ Bilddrehung ändert Kantenintensitäten nicht

(Schwachpunkt fast aller klassischen Kantendetektionsverfahren)

Übung Kantenerkennung in Bildern Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen

1.1 Kanten

1.2 Faltung

2. Operatoren

2.1 Sobel-Operator

2.2 Laplace-Filter

3. Matlab-Übungsaufgaben



Lineare Filter

Prinzip:

- Lineare Verknüpfung von Pixeln in kleinen Nachbarschaften

Vorgehen:

- Jedes Pixel sowie alle Pixel in einer gewissen Nachbarschaft werden mit einem Koeffizienten gewichtet und dann aufsummiert
- Dies ergibt den Wert des Elements an dieser Stelle

Faltung

- Lineare Filter lassen sich als Matrizen darstellen
- Anwendung mittels *diskreter Faltung* mit der Bildmatrix

Definition:

Sei $\mathbf{I}(x, y)$ die Bildmatrix und $\mathbf{H}(x, y)$ die Faltungsmatrix an der Stelle (x, y) . Dann ist die diskrete Faltung $\mathbf{I} * \mathbf{H}$ definiert als

$$(\mathbf{I} * \mathbf{H})(x, y) := \sum_{i=-n}^n \sum_{j=-n}^n \mathbf{I}(x + i, y + j) \mathbf{H}(n + i, n + j)$$

wobei $\mathbf{H} \in \mathbb{R}^{(2n+1) \times (2n+1)}$

Beispiel: Faltung

Bildmatrix I:

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

Maske H:

1	2	3
4	5	6
7	8	9

*

Beispiel: Faltung

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

1	2	3
4	5	6
7	8	9

*

=

Beispiel: Faltung

$$3 * 1 + 0 * 2 + 1 * 3$$

$$+ 1 * 4 + 5 * 5 + 8 * 6$$

$$+ 2 * 7 + 7 * 8 + 2 * 9$$

$$= 171$$

Beispiel: Faltung

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

1	2	3
4	5	6
7	8	9

*

=

Herleitung: Kante → Filtermaske

- Umwandlung der Ableitung in einfache Matrixoperation durch diskrete zentrale Differenzen:

$$\frac{\partial f}{\partial x} \approx \frac{-f(x-1, y) + f(x+1, y)}{2}$$

→ Abbildung der diskreten Differenz durch Faltung:

1	2	3
---	---	---

*

-1	0	1
----	---	---

=

2

- Um Rauschen zu verringern, werden 3x3 Matrizen verwendet
(hier: Prewitt-Operator in x-Richtung zur Detektion vertikaler Kanten):

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Beispiel: Vertikale Kantenerkennung

10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0

*

Prewitt-Operator
(vertikal):

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Beispiel: Vertikale Kantenerkennung

10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0
10	10	10	0	0	0

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

*

0	-30	-30	0
0	-30	-30	0
0	-30	-30	0
0	-30	-30	0

=

Beispiel: Vertikale Kantenerkennung

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10

Prewitt-Operator
(vertikal):

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

*

Beispiel: Vertikale Kantenerkennung

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \\
 * \\
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \\
 = \\
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

3 Sensorik/Wahrnehmung II → Übung

Ü3- 21

Übung Kantenerkennung in Bildern Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

- 1. Grundlagen
 - 1.1 Kanten
 - 1.2 Faltung
- 2. Operatoren
 - 2.1 Sobel-Operator
 - 2.2 Laplace-Filter
- 3. Matlab-Übungsaufgaben



Sobel-Operator

- Entspricht der 1. Ableitung
- Errechnet vertikale und horizontale Kanten separat
- Stärkere Gewichtung der Zentralen Matrixspalte (vgl. Prewitt)



Bild: Sobel-Operator
in y-Richtung
→ Detektion
horizontaler Kanten

Herleitung: Sobel-Operator

- Umwandlung der Ableitung in einfache Matrixoperation durch diskrete zentrale Differenzen:

$$\frac{\partial f}{\partial x} \approx \frac{-f(x-1, y) + f(x+1, y)}{2}$$

1	2	3
---	---	---

 $*$

-1	0	1
----	---	---

 $=$

2

- Jetzt: Verdopplung der mittleren Matrixspalte:

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

- Vorteil gegenüber Prewitt-Operator:
→ bessere Isotropie

Sobel-Operator

Sobel-Operator S_x in x zur Detektion von vertikalen Kanten

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Sobel-Operator S_y in y zur Detektion von horizontalen Kanten

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Tausch der Vorzeichen beeinflusst Funktionsweise nicht

Übung Kantenerkennung in Bildern Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

- 1. Grundlagen
 - 1.1 Kanten
 - 1.2 Faltung
- 2. Operatoren
 - 2.1 Sobel-Operator
 - 2.2 Laplace-Filter
- 3. Matlab-Übungsaufgaben



Laplace-Filter

- Entspricht der zweiten Ableitung
- Benötigt nur einen Rechenschritt → Weniger Rechenzeit
- Rauschempfindlich



Herleitung über Laplace-Operator

- Laplace Operator: $\Delta f = \operatorname{div}(\operatorname{grad} f)$ oder $\nabla^2 f$
- $$\begin{aligned}\Rightarrow \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} &\approx \frac{\partial(f(x+1,y)-f(x,y))}{\partial x} \\ &\approx f(x+1,y) - 2f(x,y) + f(x-1,y)\end{aligned}$$

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & -2 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 0 & -2 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 1 & -4 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

→ Zur Detektion von vertikalen und horizontalen Kanten

Herleitung 45°-Laplace-Filter

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 1 & -4 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -2 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline 0 & -2 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & -8 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Übung Kantenerkennung in Bildern Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

1. Grundlagen
 - 1.1 Kanten
 - 1.2 Faltung
2. Operatoren
 - 2.1 Sobel-Operator
 - 2.2 Laplace-Filter
3. Matlab-Übungsaufgaben



Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp



Vorlesungsübersicht

01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Übung Kalman Filter

Andreas Schimpe, M.Sc.

Agenda

- Rekursiver Bayesschätzer
- Zustandsraummodell des Beispiels
- Normalverteilung
- Kalmanfilter
- Rechenbeispiel

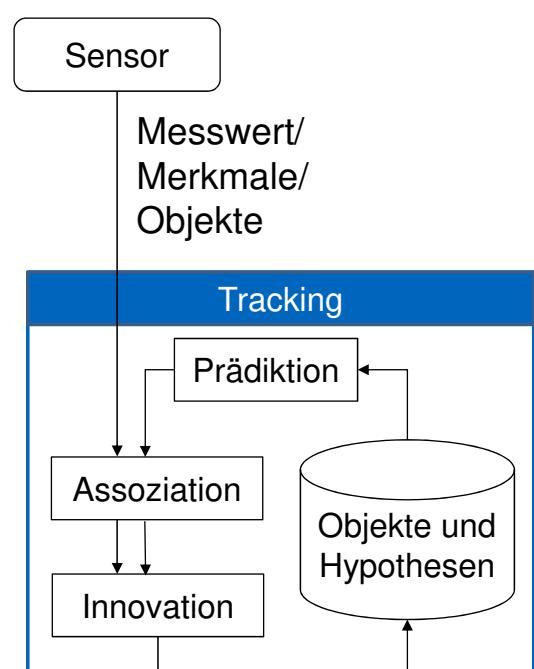


Grundprinzip

Filterung einer zeitlichen Abfolge von Messwerten

Aktualisierung von gespeicherten Tracks mit neuen Messwerten

- Prädiktion des Objektzustands
- Assoziation von gemessenem und prädiziertem Zustand
- Innovation: Aktualisierung des Objektzustands



Kalmanfilter

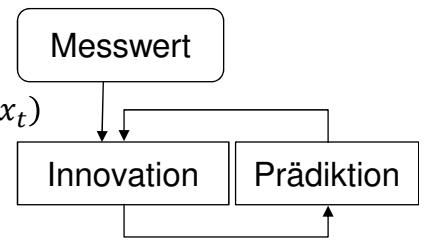
- **Rekursiver Bayesfilter**
- Minimiert mittleren quadratischen Fehler
- Optimale Lösung für **normalverteilte** Zustandsgrößen unter den Annahmen:
 - **Lineare Modelle**
 - Prozess- und Mess-Störungen sind **normalverteilt, mittelwertfrei** und **zeitlich unkorreliert**

Schätztheorie als Grundlage des Trackings

Rekursiver Bayesfilter

- Bayes-Schätzung: stochastische Schätzung auf Basis des Satzes von Bayes:
$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$
- Gesucht ist die beste Schätzung der Wahrscheinlichkeitsverteilung eines Zustands x auf Basis von Beobachtungen z

$$P(x_t|z_{1:t}) = \frac{P(z_{1:t}|x_t) P(x_t)}{P(z_{1:t})}$$
- Rekursiver Bayesschätzer:
 - Prädiktion: $P(x_t)$ als geschätzter Wert
 - Innovation: Update mit gemessenem Wert $P(z_t|x_t)$
- Nomenklatur
 - Zustand zum Zeitpunkt t x_t
 - Messwert vom Zeitpunkt t z_t
 - Schätzwert \hat{x}_t



Grundlagen für objektbasiertes Tracking

Zustandsbeschreibung

- Für Tracking ist Modellierung der Objektbewegung notwendig (Prädiktion)
- Modellierung durch Zustandsraummodelle effizient möglich
- Markov-Eigenschaft 1. Ordnung: nächster Zustand hängt nur vom aktuellen Zustand ab

Anwendungsbeispiel

Aufgabe 1: Ein Fahrzeug mit einem im Frontbereich integrierten Laserscanner folgt einem Vorderfahrzeug. Welche Merkmale können gemessen werden?

Vereinfachend wird im Folgenden nur noch die eindimensionale Bewegung entlang der x-Achse betrachtet.

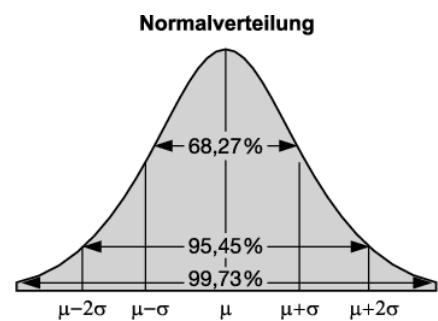
Anwendungsbeispiel

Aufgabe 2: Mit welchem diskreten Zustandsraummodell kann die relative Bewegung des Vorderfahrzeugs unter der Annahme konstanter Relativgeschwindigkeit modelliert werden?

Normalverteilte Prozess und Messgrößen

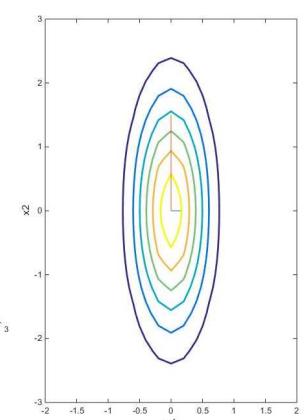
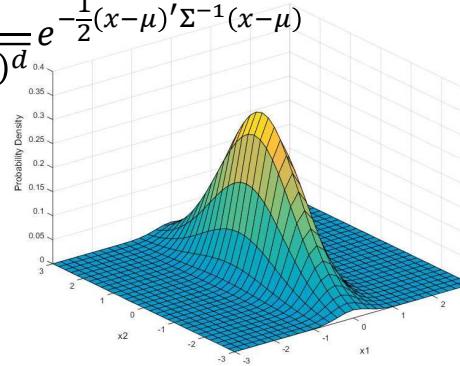
- Eindimensionale Normalverteilung

$$y = f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

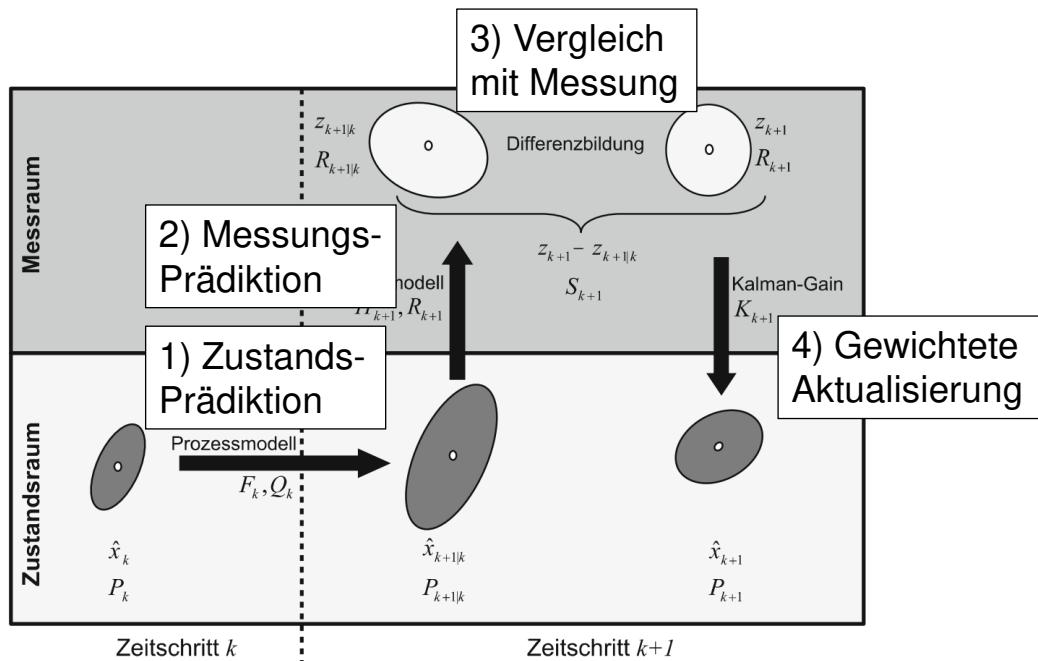


- Mehrdimensionale Normalverteilung

$$y = f(x, \mu, \Sigma) = \frac{1}{\sqrt{|\Sigma|(2\pi)^d}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)' \Sigma^{-1} (x-\mu)}$$



Schritte des Kalmanfilters



Ablauf des Kalman-Filters in einem Zeitschritt $k \rightarrow k+1$

Winner 2015, S.454

Schritte im Beispiel: qualitativ

Initialisierung

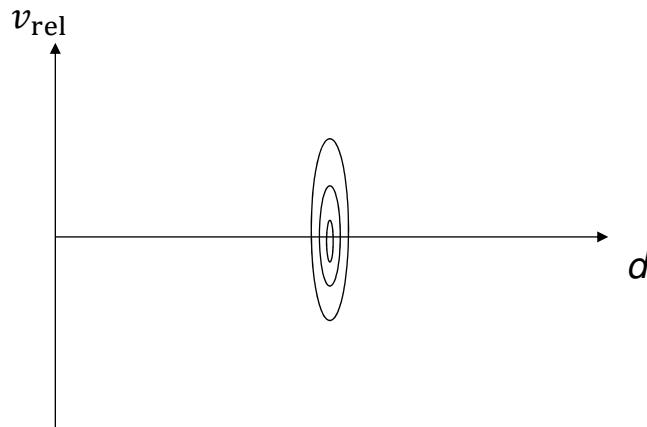
- Initialisierung des Zustands $x_0 = \begin{bmatrix} d \\ v_{\text{rel}} \end{bmatrix}$ mit erstem Messwert $z_0 = d_0$
- v_0 : sinnvoller Initialwert
- Messunsicherheit v_0



Schritte im Beispiel: qualitativ

Initialisierung

- Initialisierung des Zustands $x_0 = \begin{bmatrix} d \\ v_{\text{rel}} \end{bmatrix}$ mit erstem Messwert $z_0 = d_0$
- v_0 : sinnvoller Initialwert.
- Messunsicherheit v_0

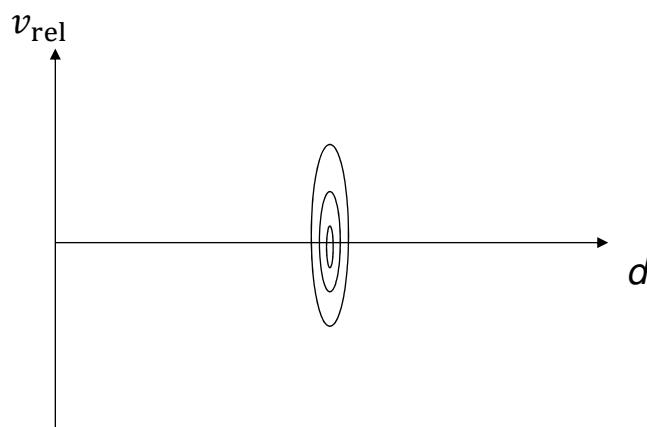


Schritte im Beispiel: qualitativ

Prädiktion

- Prädiktion des Zustands \hat{x}_1 auf Basis des Bewegungsmodells

$$\hat{x}_1 = \begin{bmatrix} d \\ v_{\text{rel}} \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & \Delta T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d \\ v_{\text{rel}} \end{bmatrix}_{k-1}$$

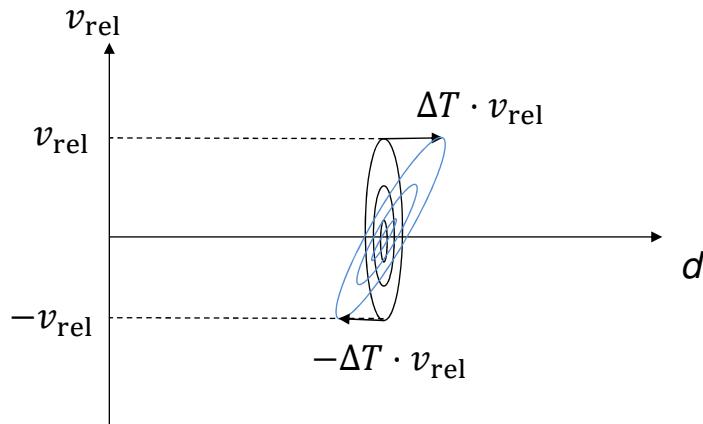


Schritte im Beispiel: qualitativ

Prädiktion

- Prädiktion des Zustands \hat{x}_1 auf Basis des Bewegungsmodells

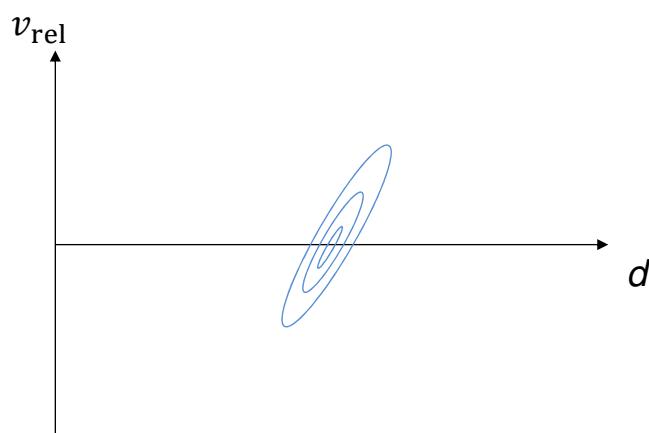
$$\hat{x}_1 = \begin{bmatrix} d \\ v_{\text{rel}} \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & \Delta T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d \\ v_{\text{rel}} \end{bmatrix}_{k-1}$$



Schritte im Beispiel: qualitativ

Innovation

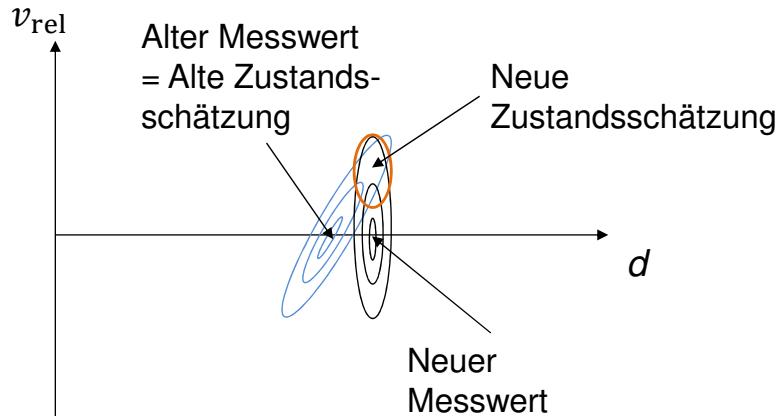
- Korrektur mit aktuellem Messwert



Schritte im Beispiel: qualitativ

Innovation

- Korrektur mit aktuellem Messwert

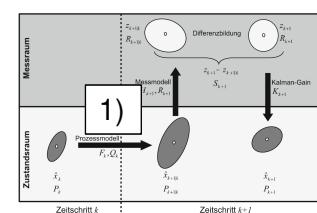


Kalmanfilter – Rechenschritte (1)

- Diskretes dynamisches System

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_k &= \boldsymbol{\phi}_{k-1} \mathbf{x}_{k-1} + \underbrace{\mathbf{w}_{k-1}}_{\text{Prozessrauschen}} \\ \mathbf{z}_k &= \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \underbrace{\mathbf{v}_k}_{\text{Messrauschen}} \end{aligned}$$
- **Prädiktion** von Schätzwert und Kovarianzmatrix

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{x}}_k(-) &= \boldsymbol{\phi}_{k-1} \hat{\mathbf{x}}_{k-1}(+) \\ \mathbf{P}_k(-) &= \boldsymbol{\phi}_{k-1} \mathbf{P}_{k-1}(+) \boldsymbol{\phi}_{k-1}^T + \underbrace{\mathbf{Q}_{k-1}}_{\text{Kovarianz Prozessrauschen}} \end{aligned}$$



1) Zustandsprädiktion

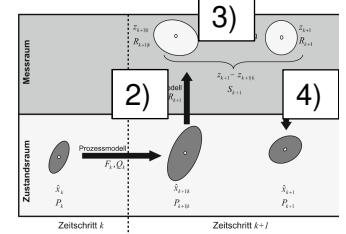
- Anpassung Kalmanfaktor

$$\bar{\mathbf{K}}_k = \mathbf{P}_k(-) \mathbf{H}_k^T \left[\mathbf{H}_k \mathbf{P}_k(-) \mathbf{H}_k^T + \underbrace{\mathbf{R}_k}_{\text{Kovarianz Messrauschen}} \right]^{-1}$$

(-) Prädizierte Werte
(+) Aktualisierte Werte

Innovationskovarianzmatrix: Vergleich
Modellunsicherheit im Messraum und
Messunsicherheit

Kalmanfilter – Rechenschritte (2)



Innovation

- mit Kalmanfaktor (K) gewichtete Anpassung der Prädiktion:

$$\hat{x}_k(+) = \hat{x}_k(-) + \bar{K}_k [\underbrace{\mathbf{z}_k - \mathbf{H}_k \hat{x}_k(-)}_{\text{3) Vergleich mit Messung}}]$$

|

$$\hat{x}_k(+) = \hat{x}_k(-) + \bar{K}_k [\mathbf{z}_k - \mathbf{H}_k \hat{x}_k(-)]$$

|

2) Messungsprädiktion

4) Gewichtete Aktualisierung

- Anpassung Kovarianzmatrix:

$$\mathbf{P}_k(+) = [\mathbf{I} - \bar{K}_k \mathbf{H}_k] \mathbf{P}_k(-)$$

Anwendungsbeispiel

Kalmanfilter Rechenbeispiel

Aufgabe 3: Der Laserscanner (mit einer angegebenen Messunsicherheit $\sigma = 0,1$ m) hat ein neues Objekt im Abstand 39,97 m detektiert. Initialisieren Sie den Kalmanfilter mit einem sinnvollen Anfangszustand und Kovarianzmatrix. Prädizieren Sie anschließend den erwarteten Zustand, Messwert sowie die Kovarianzmatrix beim nächsten Zeitschritt (1 s).

Anwendungsbeispiel

Kalmanfilter Rechenbeispiel

Aufgabe 4: Die nächste Messung des Laserscanners ergibt einen Abstand von 34,98 m. Berechnen Sie den Kalmanfaktor.

Berücksichtigen Sie dabei die Messunsicherheit R mit $\sigma = 0,1$ m.

Wie lautet die dafür notwendige Messmatrix H_k in $z_k = H_k x_k + v_k$?

Die prädizierte Kovarianzmatrix ist $P_1(-) = \begin{bmatrix} 1.01 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$

Anwendungsbeispiel

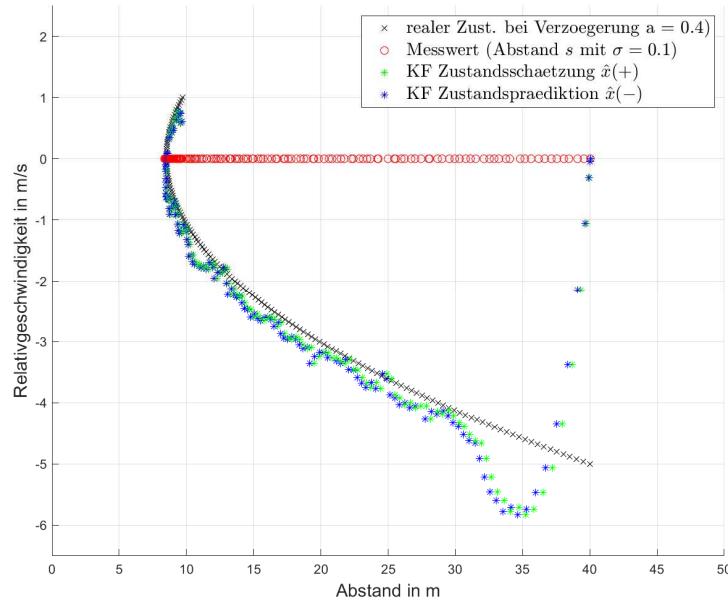
Kalmanfilter Rechenbeispiel

Aufgabe 5: Berechnen Sie die Innovation des Kalmanfilters.

(Korrektur des prädizierten Zustands mit der gewichteten Messwertabweichung)

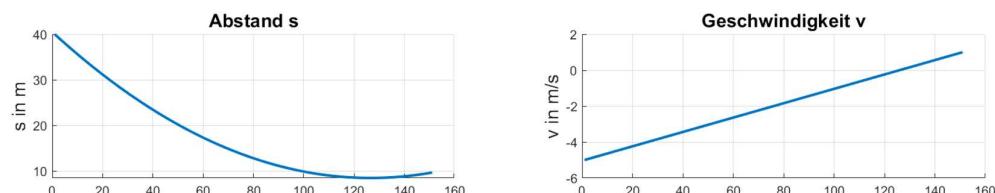
Anwendungsbeispiel

$$x_0 = [40 \text{ m}, -5 \frac{\text{m}}{\text{s}}] ; \frac{dv}{dt} = 0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} ; \text{Sensorrauschen} ; \sigma = 0.1 ; t_s = 0.1 \text{ s}$$



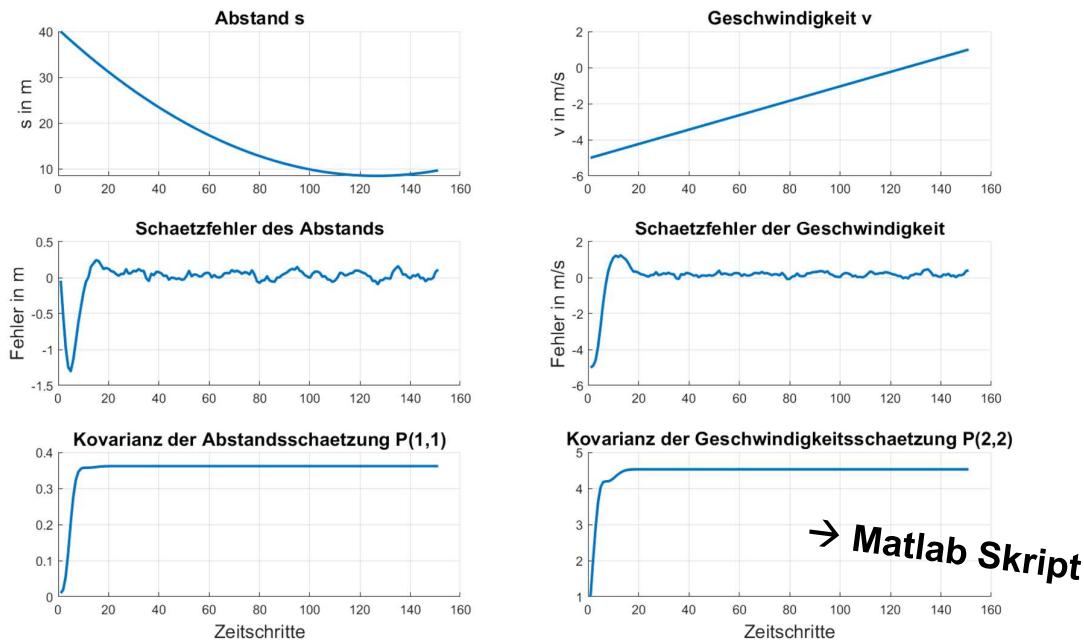
Anwendungsbeispiel

$$x_0 = [40 \text{ m}, -5 \frac{\text{m}}{\text{s}}] ; \frac{dv}{dt} = 0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} ; \text{Sensorrauschen} ; \sigma = 0.1 ; t_s = 0.1 \text{ s}$$



Anwendungsbeispiel

$$x_0 = [40 \text{ m}, -5 \frac{\text{m}}{\text{s}}] ; \frac{dx}{dt} = 0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} ; \text{Sensorrauschen} ; \sigma = 0.1 ; t_s = 0.1 \text{ s}$$



Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp



Vorlesungsübersicht

01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Übung Funktionslogik und Regelung

Dr.-Ing. Franz Winkler

Agenda

1. ACC – Folgeregelung
2. Auslegung Störgrößenbeobachter Querführung



Übung Funktionslogik und Regelung

Dr.-Ing. Franz Winkler

Agenda

1. ACC – Folgeregelung
2. Auslegung Störgrößenbeobachter Querführung



ACC – Folgeregelung

Aufgabenbeschreibung:

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

1. Gegeben ist das in Abb. 1 dargestellte Szenario.

Objekte, die in einem Korridor von 3 m Breite 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 $v_x = 70 \text{ km/h}$ und weist die aktuelle Gierrate $\dot{\psi} = 2^\circ/\text{sec}$ auf. Der Radarsensor lokalisiert das Objekt mit einem lateralen Abstand $y_{\text{Sensor}} = 5 \text{ m}$ und einem relativen Abstand $d = 70 \text{ m}$.



Abbildung 1: Folgefahrt

ACC – Folgeregelung

2. Geben Sie das Blockschaltbild einer ACC-Kaskadenregelung an und zeigen Sie, wie die Eingangsgrößen der Kaskadenregelung aus den Größen des Radarsensors gebildet werden. 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.
3. Regelungsauslegung: Die Längsdynamik des Fahrzeugs $G(s) = a_{\text{ist}}/a_{\text{soll}}$ wird im Folgenden durch ein PT_1 mit der Zeitkonstanten $\tau_{\text{str}} = 0.1 \text{ sec}$ approximiert.
 - Zur Bestimmung des Produkts der Zeitkonstanten $\tau_v \cdot \tau_d$ soll folgendes Szenario betrachtet werden: Der Abstandsdifferenz von -20 m zum Sollabstand (entspricht einem einscherenden Fahrzeug mit gleicher Geschwindigkeit wie das eigene Fahrzeug) soll nur zu einer leichten Verzögerung von -1 m/s^2 führen.
 - Auslegung der inneren Kaskade:
 - Zeigen Sie, für welche Werte von τ_v der Regelkreis nur reelle Pole aufweist. Die Übertragungsfunktion des Regelkreises lautet:
$$G_v(s) = \frac{v_{\text{ist}}}{v_{\text{soll}}} = \frac{1}{s^2 \tau_v \tau_{\text{str}} + s \tau_v + 1}$$
 - Bestimmen Sie die Zeitkonstante τ_v unter der Bedingung, dass die langsamste Polstelle bei $s = -0.72$ liegt.
 - Bestimmen Sie damit die Zeitkonstante τ_d
 - (d. Zeigen Sie, ob damit die gesamte Kaskadenregelung stabil ist.)
4. Geben Sie die Bedingung für Kolonnenstabilität an.

ACC – Folgeregelung: Lösung

1. Die geschätzte Krümmung des eigenen Fahrzeugs lautet:

ACC – Folgeregelung: Lösung

2. Blockschaltbild:

ACC – Folgeregelung: Lösung

3. Regelungsentwurf:

ACC – Folgeregelung: Lösung

ACC – Folgeregelung: Lösung

ACC – Folgeregelung: Lösung

ACC – Folgeregelung: Lösung

4. Bedingung für Kolonnenstabilität:

Übung Funktionslogik und Regelung Dr.-Ing. Franz Winkler

Agenda

- 1. ACC – Folgeregelung
- 2. Auslegung Störgrößenbeobachter
Querführung



Auslegung Störgrößenbeobachter Querführung

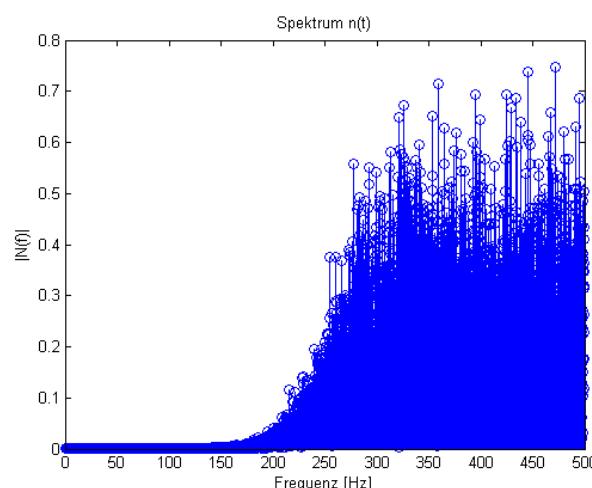
Aufgabenbeschreibung:

Zur Sicherstellung der stationären Genauigkeit einer Querführungsregelung soll ein Störgrößenbeobachter zum Einsatz kommen. Die Strecke wird vereinfacht als PT_1 mit der Zeitkonstante $\tau_{str} = 0.1$ sec angenommen.

1. Nennen Sie Vorteile eines Störgrößenbeobachters im Vergleich zu einem Integralanteil im Regler.
2. Geben Sie das Blockschaltbild eines Störgrößenbeobachters zur Kompensation von Störungen z am Eingang der Strecke an. Die gemessene Ausganggröße soll dabei durch ein Messrauschen überlagert sein.
- (3. Bestimmen Sie die Störübertragungsfunktion.)
4. Welche Kriterien muss die Ersatzübertragungsfunktion im Störgrößenbeobachter erfüllen? Geben Sie eine geeignete Ersatzübertragungsfunktion an.

Auslegung Störgrößenbeobachter Querführung

5. Das Messrauschen $n(t)$ weiß das in Abb. 2 dargestellte Frequenzspektrum auf. Geben Sie eine geeignete Übertragungsfunktion für das Filter $Q(s)$ an.



Auslegung Störgrößenbeobachter Querführung: Lösung

1. Vorteile eines Störgrößenbeobachters:

2. Blockschaltbild Störgrößenbeobachter:

Auslegung Störgrößenbeobachter Querführung: Lösung

3. Störübertragungsfunktion:

Auslegung Störgrößenbeobachter Querführung: Lösung

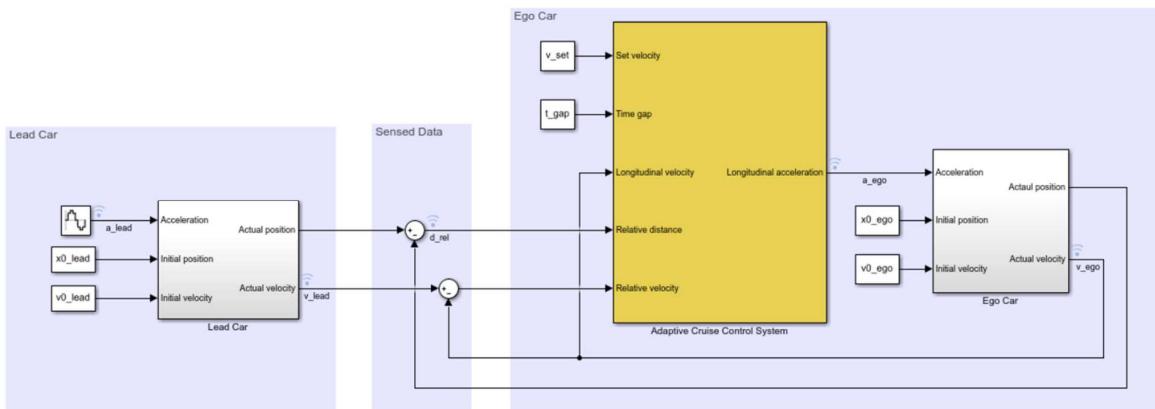
4. Ersatzübertragungsfunktion:

Auslegung Störgrößenbeobachter Querführung: Lösung

5. Auslegung des Filters $Q(s)$:

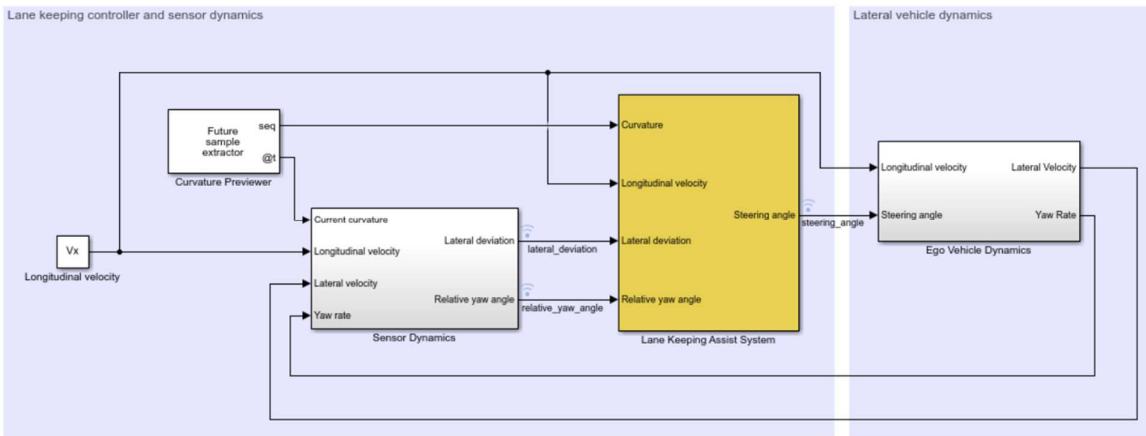
Auslegung Störgrößenbeobachter Querführungs: Lösung

Adaptive Cruise Control System Using Model Predictive Control



→ <https://www.mathworks.com/help/mpc/ug/adaptive-cruise-control-using-model-predictive-controller.html>

Lane Keeping Assist System Using Model Predictive Control



→ <https://www.mathworks.com/help/mpc/ug/lane-keeping-assist-system-using-model-predictive-control.html>

Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp



Vorlesungsübersicht

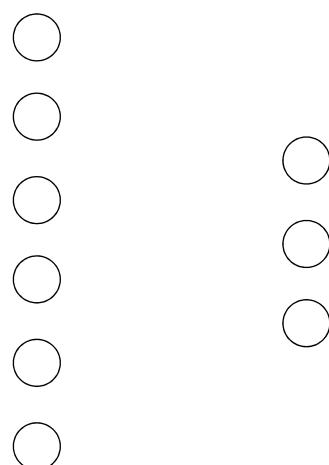
01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Aufgabe 1

- Nennen sie drei häufig verwendete Layerarten von neuronalen Netzen, die für die Bilderkennung verwendet werden!

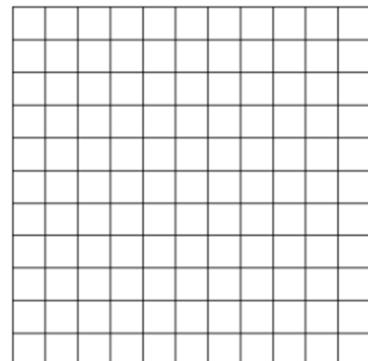
Aufgabe 2

- Unten sind zwei Layer einer Fully Connected Schicht dargestellt. Zeichnen Sie die Gewichte zwischen beiden Layern ein. Denken Sie auch an den Bias!

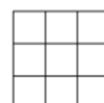


Aufgabe 3

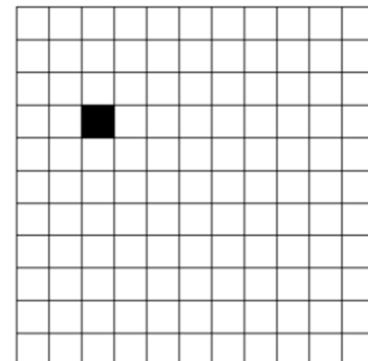
- Gegeben ist ein 11×11 Convolution Layer mit einem Convolutional 3×3 Filter. Welche Eingangsneuronen werden zur Berechnung des markierten Ausgangsneurons benötigt?



Eingangslayer



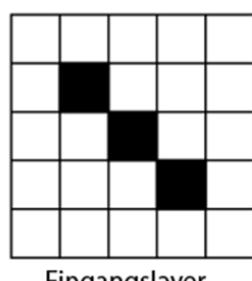
Filter



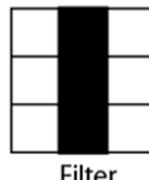
Ausgangslayer

Aufgabe 4

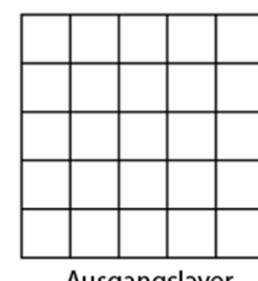
- Gegeben ist ein 5×5 Convolution Layer mit einem 3×3 Filter, ohne Relu-Aktivierungsfunktion. Zeichnen Sie den Ausgangslayer in die dafür vorgegebene Vorlage ein.



Eingangslayer



Filter



Ausgangslayer

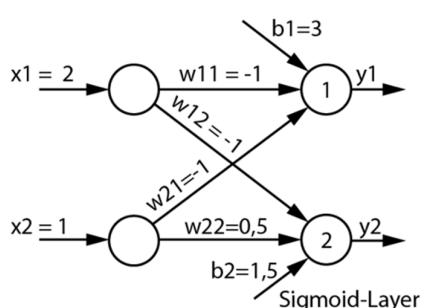
Aufgabe 5

- Gegeben sind die Eingangsneuronen eines 2×2 Maxpool Layers. Geben Sie die Ausgangsmatrix an.

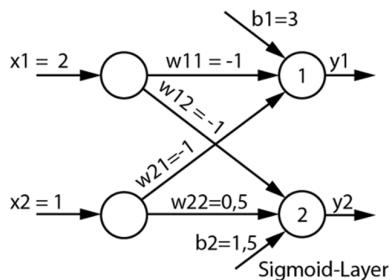
1	0,2	-1	-2
0	1	-4	-0,5
-0,2	7	-4	-1
-9	8	0	2

Aufgabe 6

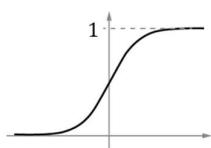
- Gegeben sei folgendes neuronales Netz. Berechnen Sie den Ausgang des neuronalen Netzes und die Aktivierung der einzelnen Neuronen.



Lösungsbereich



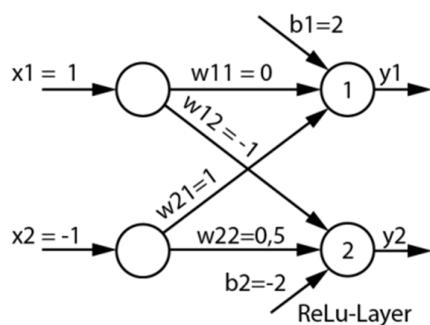
Sigmoid



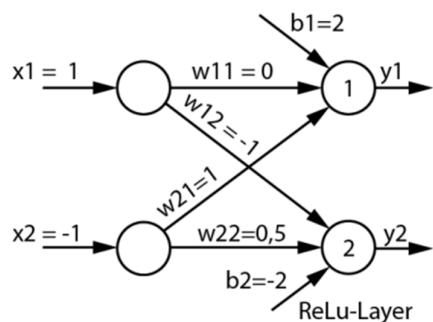
$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-u}}$$

Aufgabe 7

- 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.

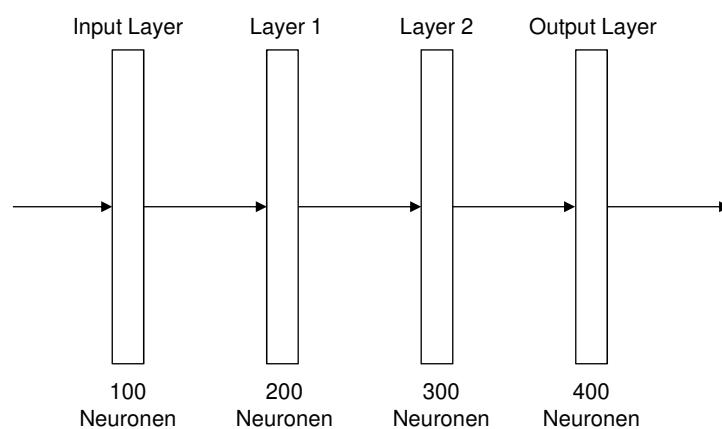


Lösungsbereich



Aufgabe 8

- Berechnen Sie die optimale Standardverteilung der Initialisierung der Gewichtswerte für den ersten „Hidden Layer“ in dem unten dargestellten neuronalen Netz:

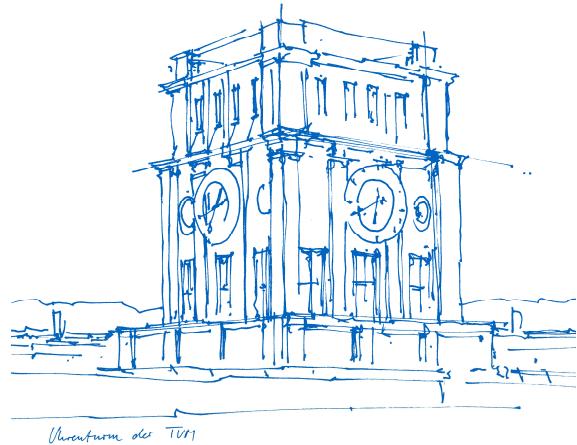


Lösungsbereich

Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler

Tobias Hecht, M.Sc.



Vorlesungsübersicht

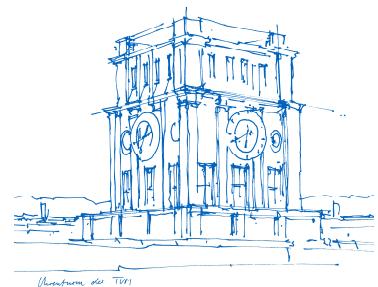
01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Übung Mensch-Maschine-Interaktion

Tobias Hecht, M.Sc.

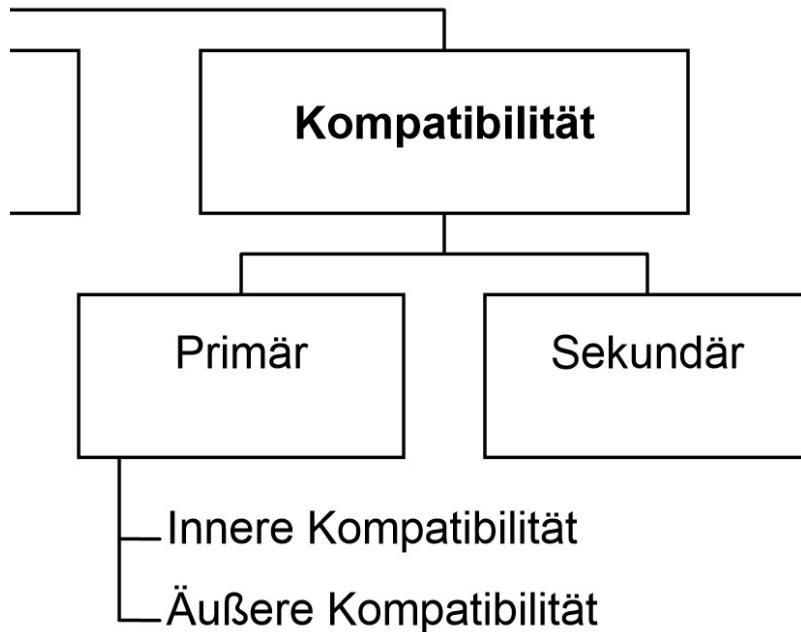
Agenda

- 8.1 Kompatibilität
- 8.2 Bedienkonzept
- 8.3 Übung 1: Entwurf eines Bedienkonzepts
- 8.4 Anzeigekonzept
- 8.5 Übung 2: Entwurf eines Anzeigekonzepts
- 8.6 Head-Up Display



8.1 Kompatibilität

Kompatibilität



Kompatibilität

Primäre Kompatibilität

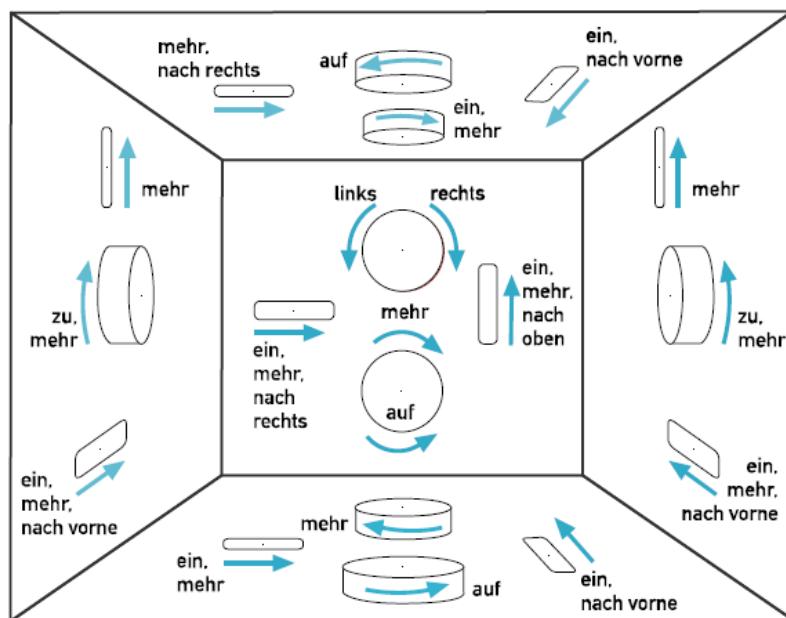
Die primäre Kompatibilität bezieht sich auf die Sinnfälligkeit von Informationen bezogen auf Wirklichkeit, Anzeigen, Stellteile und innere Modelle

- Innere: Untersuchung der Sinnfälligkeit zwischen innerem Modell und externer Information. Prägung der inneren Vorstellung durch Erfahrung, Training und Erziehung
- Äußere: beschränkt sich nur auf die Sinnfälligkeit von Informationen von Wirklichkeit, Anzeige und Stellteil

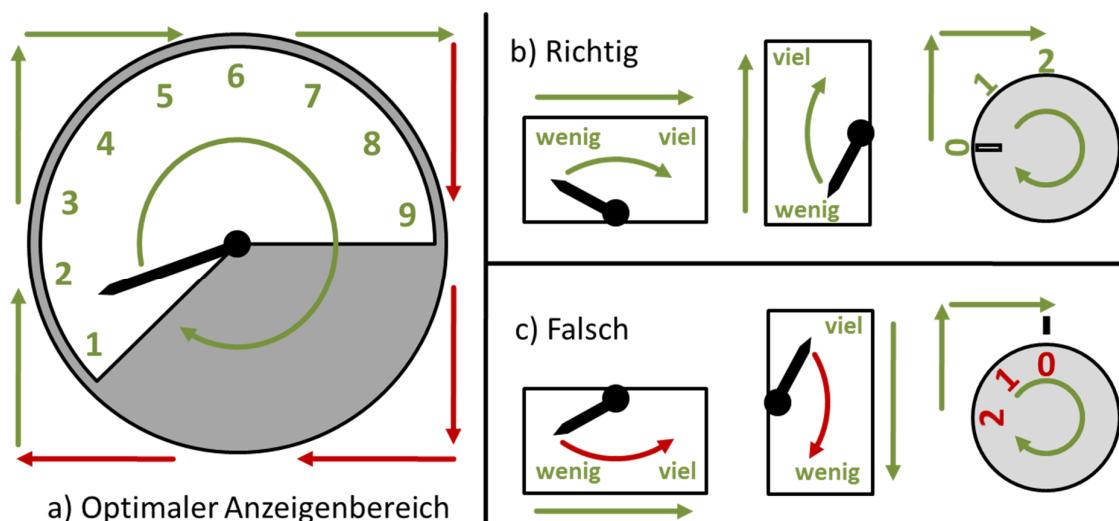
Sekundär

Bewegungsrichtung und der Drehsinn sollten zueinander nicht im Widerspruch stehen

Primäre innere Kompatibilität



Sekundäre Kompatibilität



Drehsinn und Bewegungsrichtung müssen übereinstimmen

8.2 Bedienkonzept

8- 9

BMW Bedienkonzept ACC (ohne Spurführungsass.)

1. ACC aktivieren/deaktivieren
falls aktiv: 1x Drücken zum Unterbrechen, 2x Drücken zum Deaktivieren
2. Geschwindigkeit halten/speichern
3. Gespeicherte Geschwindigkeit aufrufen
(nach Stillstand oder Unterbrechung des Systems)
4. Geschwindigkeit erhöhen
in 1 km/h- (bis Druckpunkt) bzw. 5 km/h-Schritten (über Druckpunkt)
5. Geschwindigkeit verringern
in 1 km/h- bzw. 5 km/h-Schritten
6. Abstand zum Vorderfahrzeug verringern
(gedrückt halten: auf Tempomat umschalten)
7. Abstand zum Vorderfahrzeug erhöhen
(gedrückt halten: auf Tempomat umschalten)



<https://www.bmw.ca/en/all-models/3-series/Touring/2012/assistance.html>

BMW Bedienkonzept ACC (mit Spurführungsass.)

1. ACC aktivieren/deaktivieren
falls aktiv: 1x Drücken zum Unterbrechen, 2x Drücken zum Deaktivieren
2. Geschwindigkeit halten/speichern
3. Gespeicherte Geschwindigkeit aufrufen
(nach Stillstand oder Unterbrechung des Systems)
4. Geschwindigkeit erhöhen
in 1 km/h- (bis Druckpunkt) bzw. 5 km/h-Schritten (über Druckpunkt)
5. Geschwindigkeit verringern
in 1 km/h- bzw. 5 km/h-Schritten
6. Abstand zum Vorderfahrzeug
erhöhen/verringern
(gedrückt halten: auf Tempomat umschalten)
7. Lenk- und Spurführungsassistent
aktivieren/deaktivieren



<https://derstandard.at/2000005933403/Fahrassistenzsysteme-wie-schlau-ist-der-BMW-i3-wirklich>

8.3 Übung 1

Übung 1: Aufgabenstellung

- Pfeile mit entsprechenden Nummern stehen für Verstellwege, die dieser ACC-Hebel in der Realität bietet. Bitte belegen Sie die Hebelpositionen mit dem geforderten Funktionsumfang auf der nächsten Folie. Es müssen nicht alle Hebelpositionen genutzt werden.
- Prüfen Sie immer auf Kompatibilität.



Übung 1: Aufgabenstellung



Funktionsumfang:

- System an-/ausschalten
- Zeitlücke/Abstand in 4 Stufen vergrößern/verkleinern
- Geschwindigkeit in 1er (km/h) und 10er (km/h) Schritten erhöhen/verringern
- Aktivierung mit aktueller Geschwindigkeit
- Deaktivieren in Standby
- Resume-Funktion: Aktivieren mit alten Einstellungen

8.4 Anzeigekonzept

8- 15

Mercedes Anzeigekonzept ACC

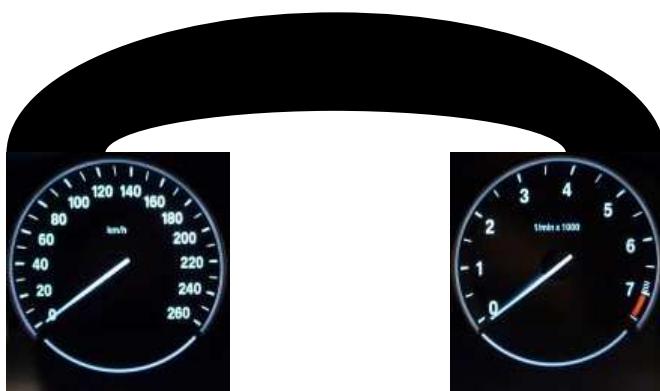


8.5 Übung 2

8- 17

Übung 2: Aufgabenstellung

- Im Kombiinstrument zwischen Tacho und Drehzahlmesser sollen relevante Systeminformationen zum ACC dargestellt werden.
- Bitte entwerfen Sie eine Anzeigelogik, die den Funktionsumfang und Transitionen zwischen den Systemzuständen darstellen kann.



Funktionsumfang:

- System an-/ausschalten
- Zeitlücke in 4 Stufen vergrößern/verkleinern
- Geschwindigkeit in 1er und 10er Schritten erhöhen/verringern
- Standby-Funktion: Aktivieren mit alten Einstellungen
- Deaktivieren in Standby

Übung 2

Funktionsumfang:

- System an-/ausschalten
- Zeitlücke in 4 Stufen vergrößern/verkleinern
- Geschwindigkeit in 1er und 10er Schritten erhöhen/verringern
- Standby-Funktion: Aktivieren mit alten Einstellungen
- Deaktivieren in Standby



8 Übung Mensch-Maschine-Interaktion → 8.5 Übung 2

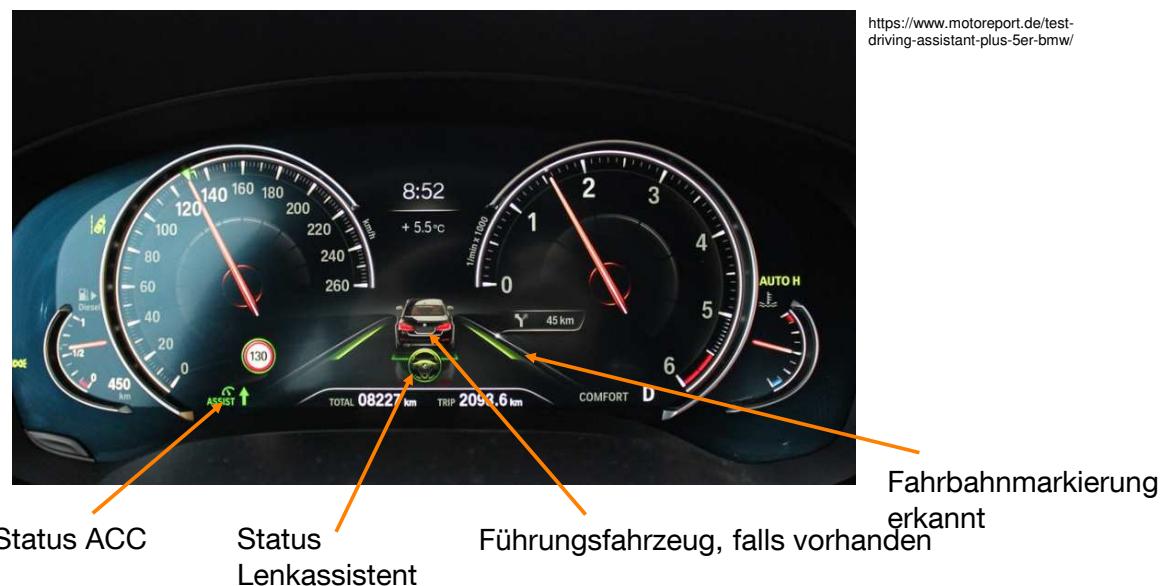
8- 19

8.6 Level-2-Assistenzsysteme

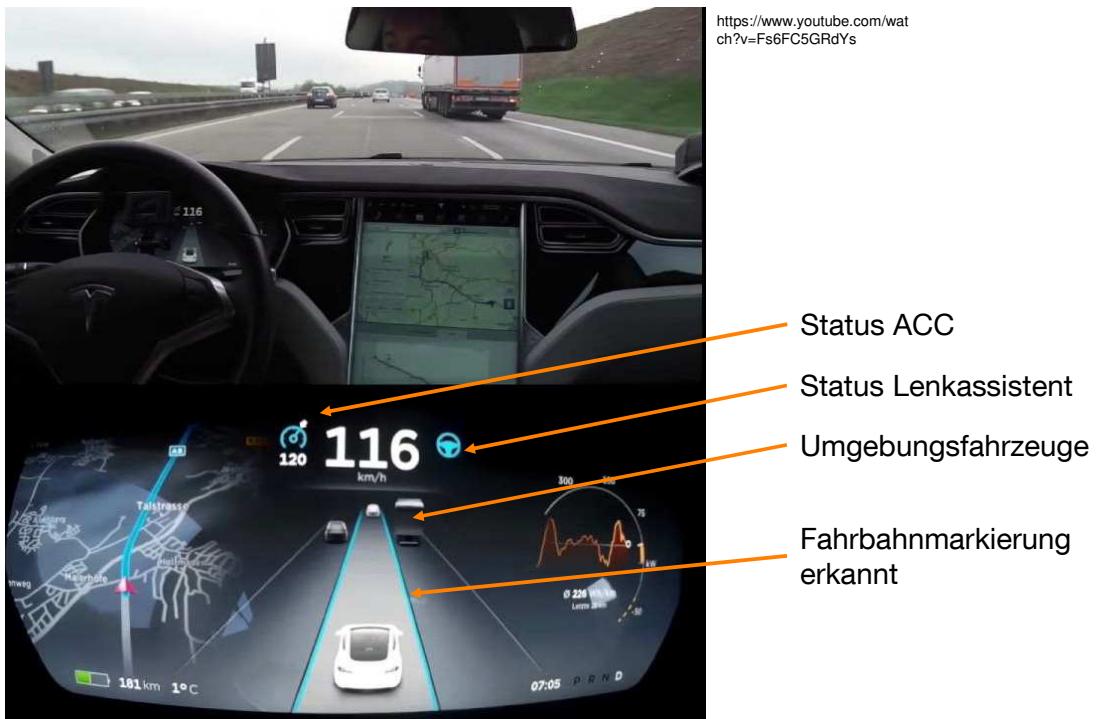
Mercedes Drive Pilot (Distronic Plus mit Lenkassistent)



BMW Driving Assistant Plus



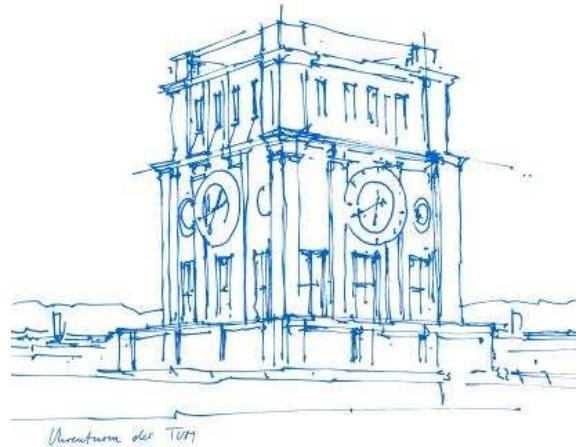
Tesla Autopilot



Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler

Dipl. Ing. Thomas Winkle



Vorlesungsübersicht

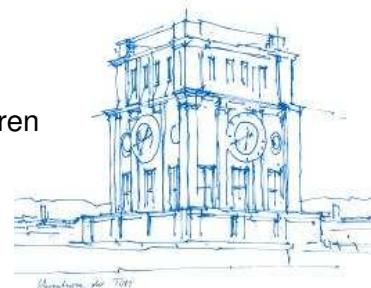
01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

9 Übung Controllability – Beherrschbarkeit

Dipl. Ing. Thomas Winkle

Agenda

- 9.1 Beispielanalyse: Fußgängerunfall “UBER self-driving vehicle”
- 9.2 Allgemeiner Entwicklungsprozess und Freigabeprozess Controllability
- 9.3 Potenziell gefährliche Situationen
- 9.4 Beispiele für die Festlegung von Maßnahmen:
 - Verletzungsrisiko?
 - Controllability?
 - Exposure?
 - ASIL Dekomposition
- 9.5 Deutscher Verkehrsgerichtstag zu Automatisiertem Fahren



9 Übung

Controllability – Beherrschbarkeit / Risikomanagement

Literatur:

- International Organization for Standardization (ISO), ISO 26262-3 (2018): Road Vehicles – Functional safety
- Knapp, A., Neumann, M., Brockmann, M., Walz, R., Winkle, T. (2009): Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS, European Automobile Manufacturers Association – ACEA, www.acea.be, Brussels.
- Winkle, T., Erbsmehl, C., Bengler, K. (2018). Area-Wide Real-World Test Scenarios of Poor Visibility for Safe Development of Automated Vehicles, European Transport Research Review, Journal, Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Winkle, T. (2019). Rechtliche Anforderungen an automatisiertes Fahren – Erkenntnisse aus Verkehrsgerichtstagen mit Verkehrsunfallbeispielen, Ergonomie aktuell (20) 2019, München.
- Winkle, T. (2016). Development and Approval of Automated Vehicles: Considerations of Technical, Legal and Economic Risks. In: Maurer, M. (Hrsg.), Autonomous driving, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

9.1 Beispielanalyse: Fußgängerunfall “UBER self-driving vehicle”

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 5

**Beispiel Unfallanalyse:
Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle**



Abbildung: Police Department, Tempe, Arizona, March 18, 2018

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 6

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



Abbildung: Police Department, Tempe, Arizona, March 18, 2018

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 7

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



Abbildung: Police Department,
Tempe, Arizona, March 18, 2018

Detaillierte Angaben über den Unfall stellt das National Transportation Safety Board (NTSB, zu Deutsch: US-amerikanische nationale Verkehrsbehörde für Transportsicherheit) in einem Bericht zur Verfügung.

Demnach kollidierte das Uber-Testfahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 39 mph. In etwa 6 Sekunden vor dem Aufprall fuhr das Fahrzeug mit 43 mph. Bereits 1,3 Sekunden vor dem Aufprall habe das System festgestellt, dass ein Notbremsmanöver erforderlich ist um eine Kollision zu verhindern. Laut Uber waren beim Testfahrzeug Notbremseingriffe zur Vermeidung von unberechenbarem Verhalten deaktiviert.

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



Abbildung: Police Department, Tempe, Arizona, March 18, 2018

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 9

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle

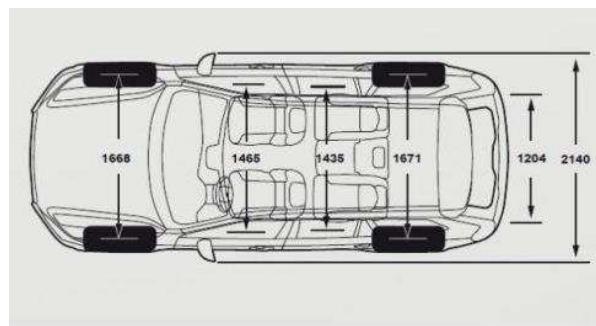
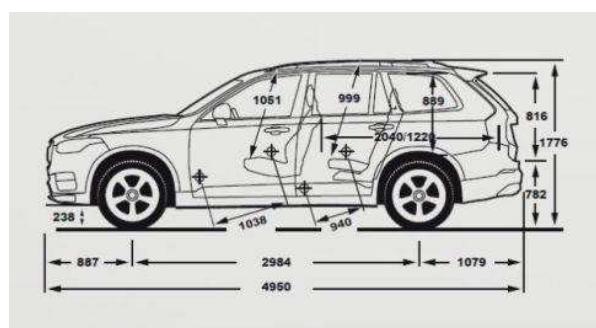


Abbildung: Volvo

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 10

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle

UBER
ATG

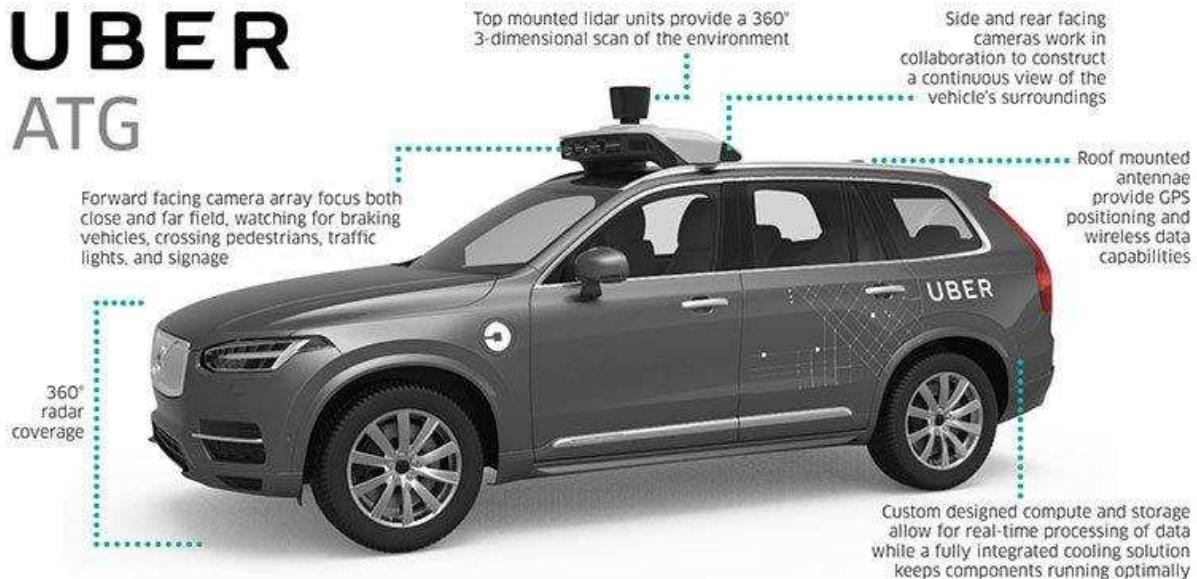


Abbildung: UBER/Volvo

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle

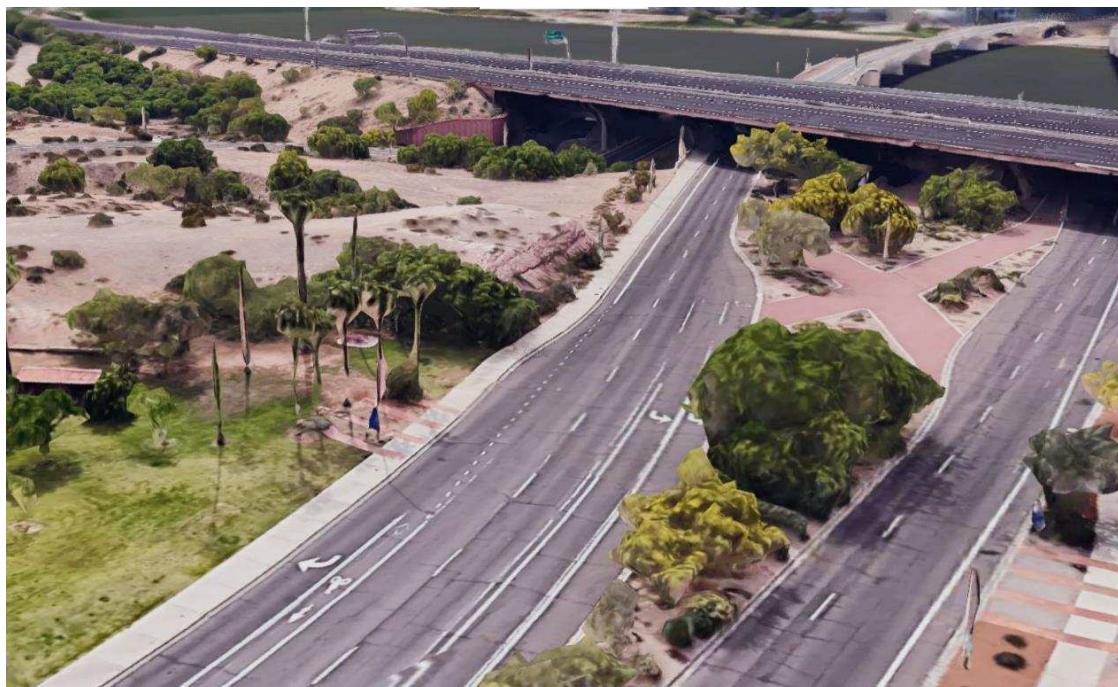


Abbildung: Google

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



Abbildung: Google

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 13

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



Abbildung: Winkle, T. (2019): Rechtliche Anforderungen an automatisiertes Fahren, Ergonomie aktuell (20) 2019, München.

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 14

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



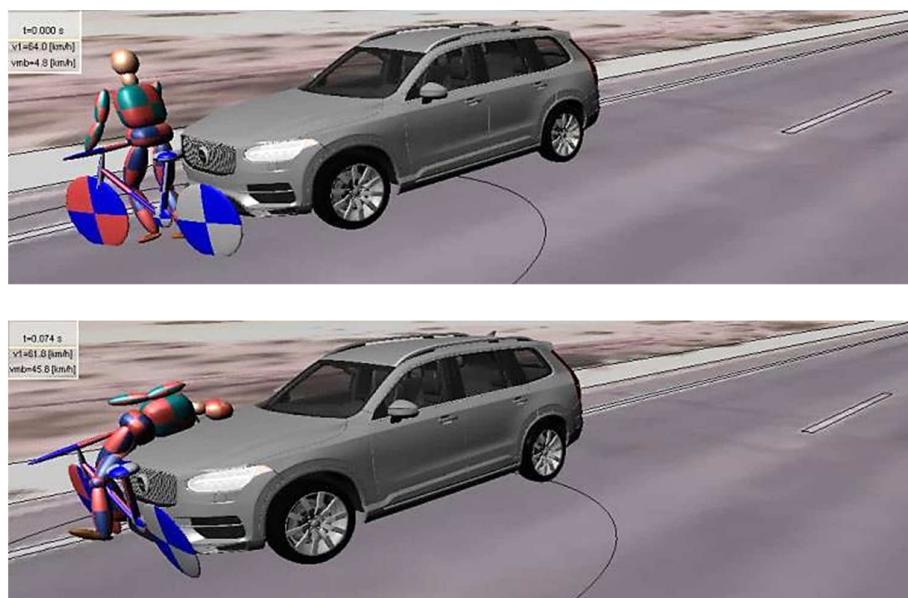
Unfallsimulation mit PC-Crash: Die Abbildung zeigt die Unfallstelle in der Simulation direkt vor der Kollision und in den Endlagen mit der aus dem Video ermittelten Fußgängergeschwindigkeit von 4,8 km/h (1,3 m/s) mit der die Fußgängerin ihr Fahrrad über die Straße schob.

Abbildung: Winkle, T. (2019): Rechtliche Anforderungen an automatisiertes Fahren, Ergonomie aktuell (20) 2019, München.

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 15

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



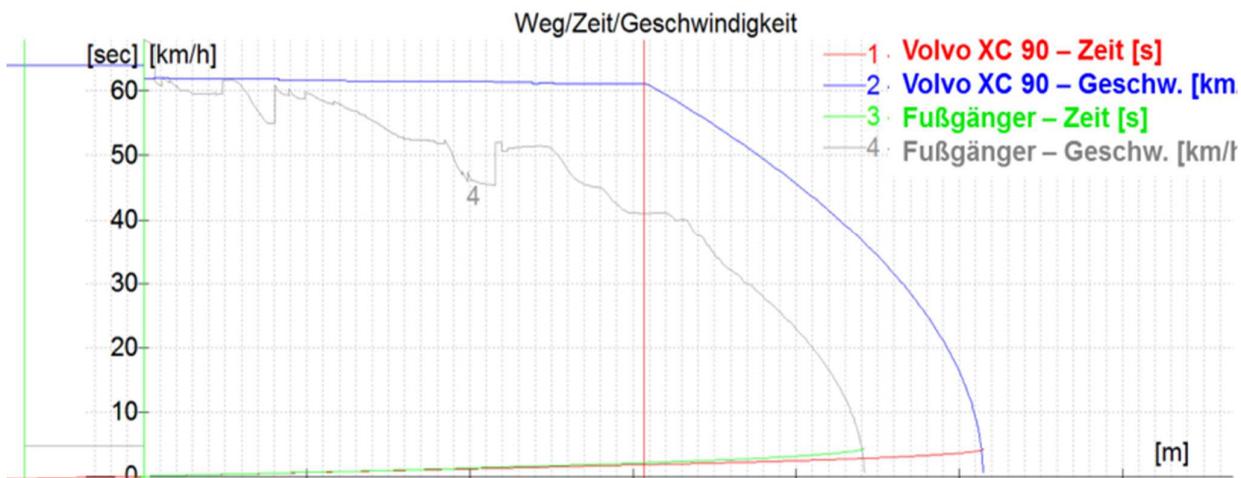
Mithilfe eines Mehrkörpermodells lässt sich der Erstkontakt der Fußgängerin mit dem geschobenen Fahrrad an der Fahrzeugfront des Volvo XC90 darstellen.

Abbildung: Winkle, T. (2019): Rechtliche Anforderungen an automatisiertes Fahren, Ergonomie aktuell (20) 2019, München.

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 16

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



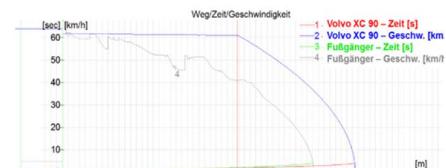
Die Rekonstruktion und Unfallsimulation ermöglicht die Untersuchung weiterer Annahmen mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Zusammenhänge von Wegen, Zeiten und Geschwindigkeiten.

Abbildung: Winkle, T. (2019): Rechtliche Anforderungen an automatisiertes Fahren, Ergonomie aktuell (20) 2019, München.

9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 17

Beispiel Unfallanalyse: Fußgängerunfall UBER self-driving vehicle



$$s = v * t = 17,8 \frac{m}{s} * 1,3 s = 23,1 m$$

$$a = \frac{v^2}{2s} = \frac{(17,8 \frac{m}{s})^2}{2 * 23,1 m} = 6,8 \frac{m}{s^2}$$

Unter Annahme einer Geschwindigkeit von 64 km/h (17,8 m/s) und einer sofort wirkenden Notbremfung 1,3 Sekunden vor Kollision mit einer Verzögerung von 6,8 m/s² wäre der Unfall vermieden worden.

Abbildung: Winkle, T. (2019): Rechtliche Anforderungen an automatisiertes Fahren, Ergonomie aktuell (20) 2019, München.

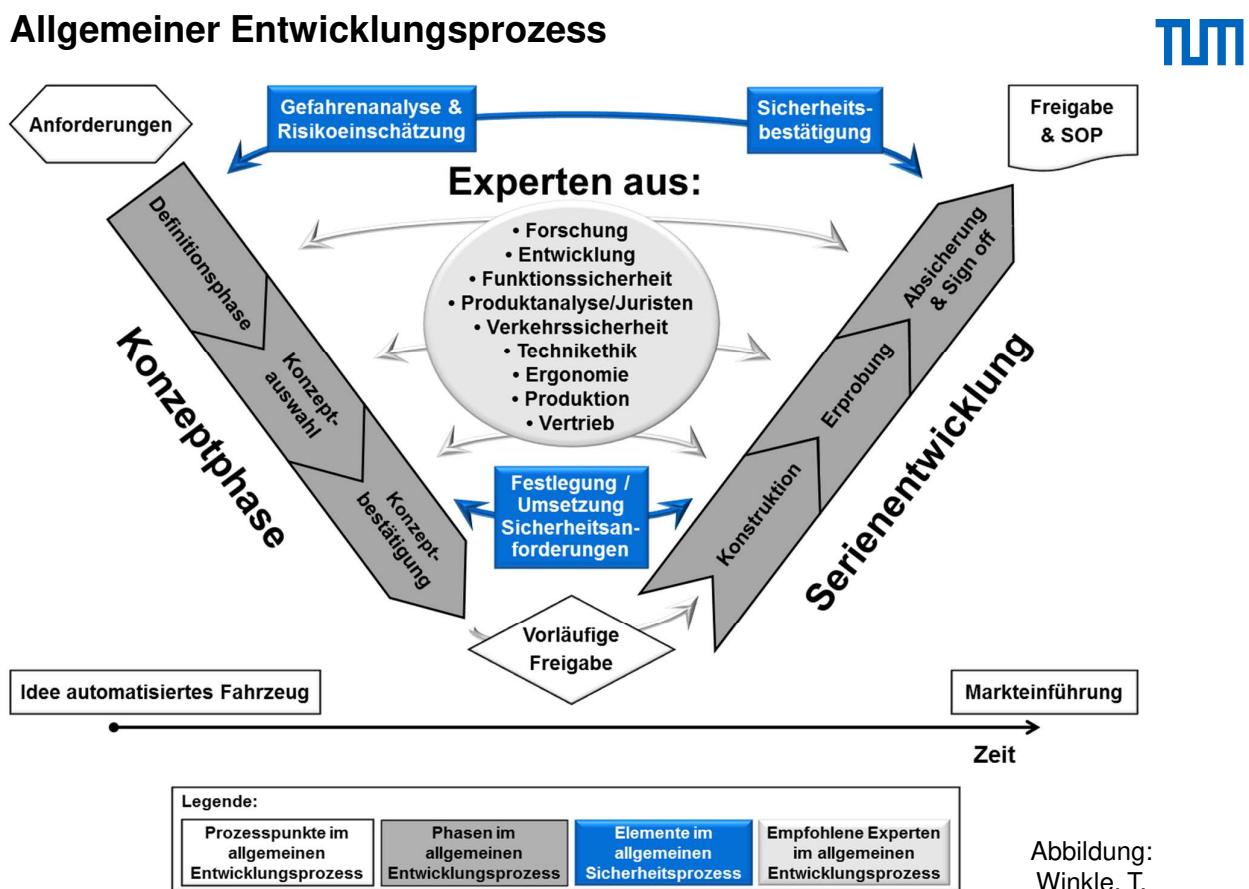
9 Übung Controllability → 9.1 Beispielanalyse Fußgängerunfall „UBER self-driving vehicle“

9- 18

9.2 Allgemeiner Entwicklungsprozess und Freigabeprozess Controllability

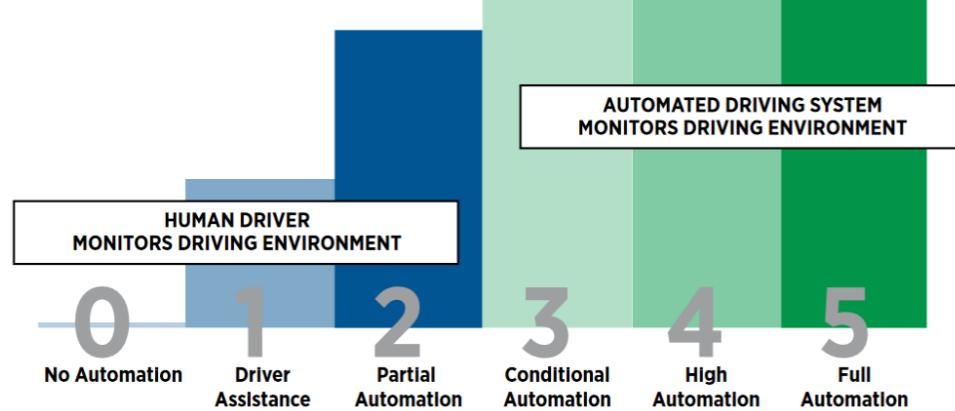
9 Übung Controllability → 9.2 Freigabeprozess Controllability

9- 19



Kategorien der Automatisierung

Quelle: SAE J3016



9 Übung Controllability → 9.2 Freigabeprozess Controllability

9- 21

Kategorien der Automatisierung

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system (“system”) monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Copyright © 2014 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed provided SAE International and J3016 are acknowledged as the source and must be reproduced AS-IS.

9 Übung Controllability → 9.2 Freigabeprozess Controllability

9- 22

Freigabeprozess

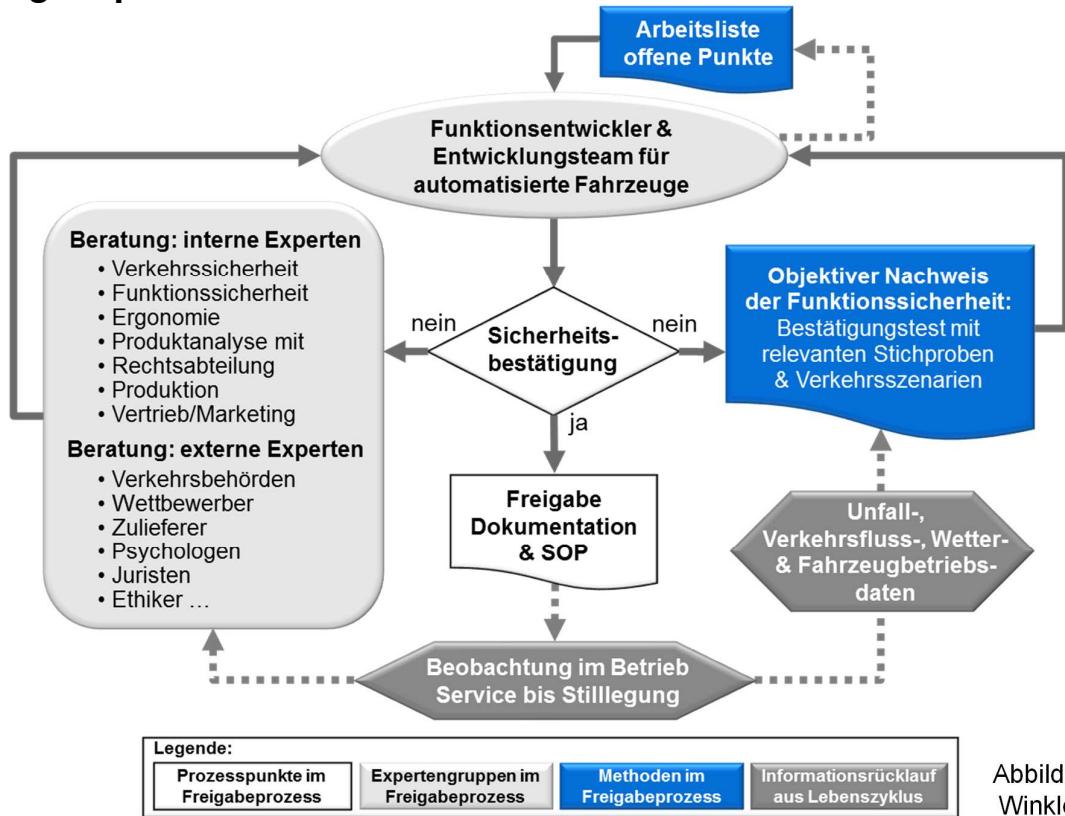
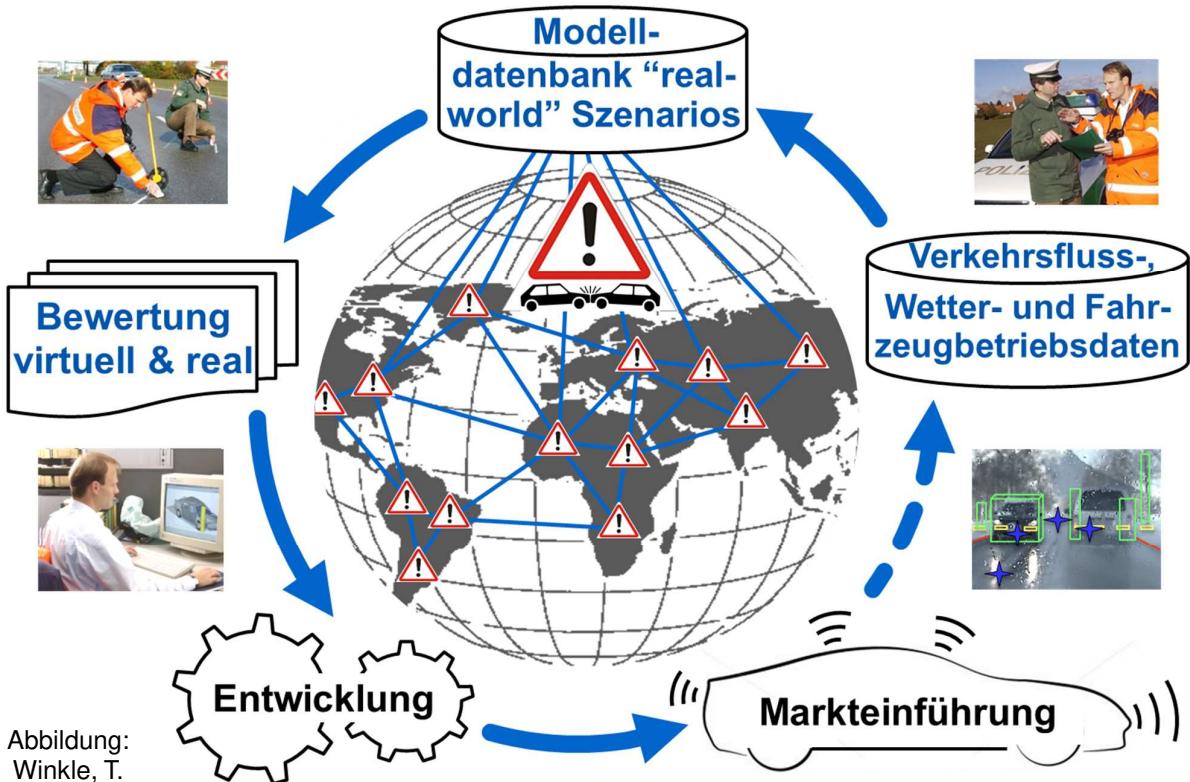


Abbildung:
Winkle, T.

9 Übung Controllability → 9.2 Freigabeprozess Controllability

9- 23

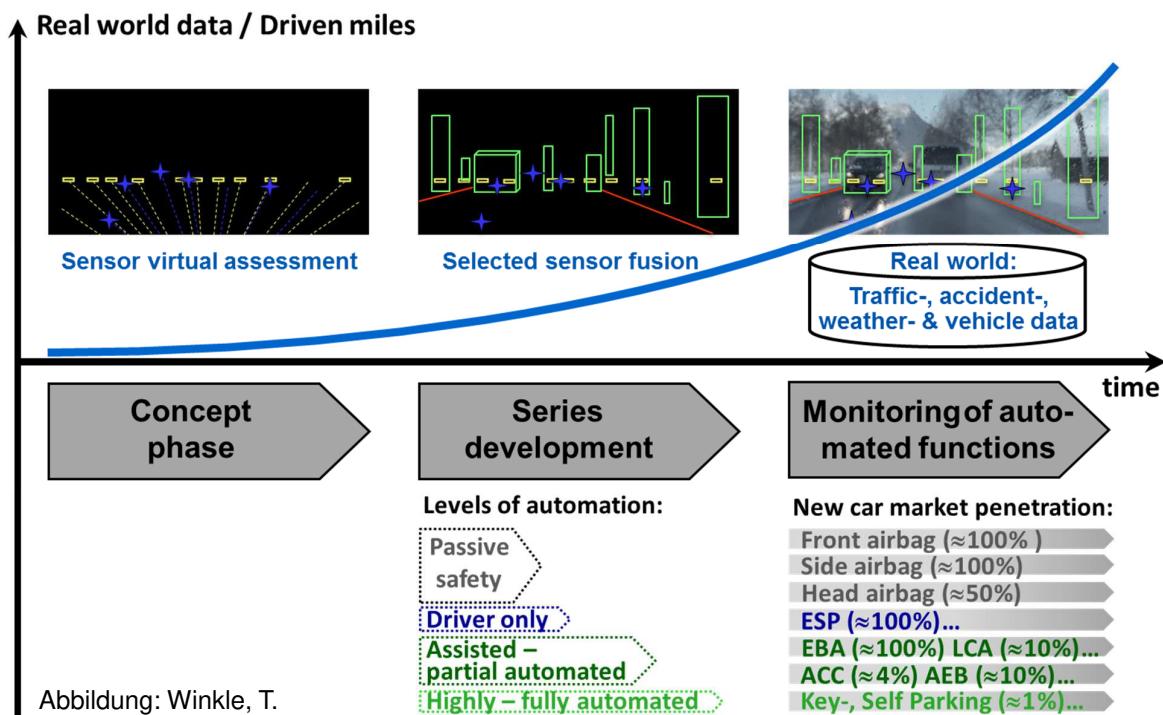
9.3 Potenziell gefährliche Situationen



9 Übung Controllability → 9.3 Potenziell gefährliche Situationen

9- 25

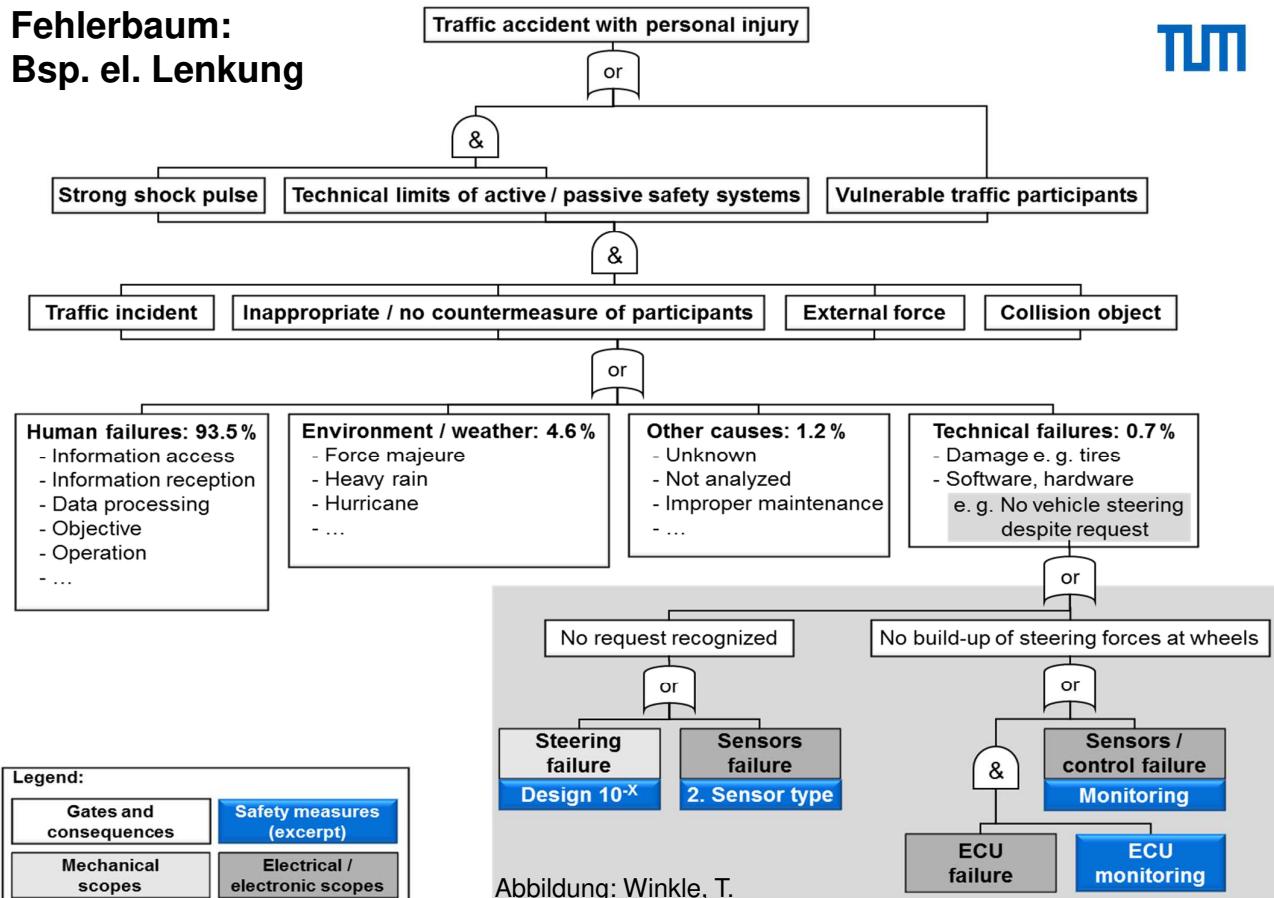
Lernkurve: Zunahme von verfügbaren Fahrdaten



9 Übung Controllability → 9.3 Potenziell gefährliche Situationen

9- 26

Fehlerbaum: Bsp. el. Lenkung



9 Übung Controllability → 9.3 Potenziell gefährliche Situationen

9- 27

Beispiel: Risikoeinstufung für entsprechende Maßnahmen

Schaden-Eintrittswahrscheinlichkeit (E 1-7)	Verletzungsschwere (S 1-3)			Risikograd	Gefährdete Menschen		Gesunde Erwachsene				Schutz: z. B. Warnung	Gefahr andauernd
	AIS 0-2 z. B. S 0-1	AIS 3-4 z. B. S 2	AIS 5-6 z. B. S 3		Verletzung irreversibel	Verletzung teilweise reversibel	nein	ja	nein	ja		
häufig	häufig	wahrscheinlich		katastrophal	Risiko nicht akzeptabel: Sofortige Maßnahmen erforderlich!							
häufig	wahrscheinlich	gelegentlich		ernst	(Berücksichtigung der Safety Levels - ASIL)							
wahrscheinlich	gelegentlich	selten		hoch	Risiko nicht toleriert: Maßnahmen erforderlich							
gelegentlich	selten	sehr selten		mittel								
selten	sehr selten			gering	Risiko gesellschaftlich und individuell akzeptiert: Qualitätsmanagement (QM) und Kontrollen empfohlen							
unwahrscheinlich				tolerabel								
				unbedeutend								

Abbildung: Winkle, T.

9 Übung Controllability → 9.3 Potenziell gefährliche Situationen

9- 28

9.4 Beispiele für die Festlegung von sicherheitserhöhenden Maßnahmen

9 Übung Controllability → 9.4 Beispiele für die Festlegung von Maßnahmen

9- 29

Übung: Einstufung eines Automotive Safety Integrity Level (ASIL)

Rückruf: Forward Collision Avoidance, Adaptive Cruise Control, Vehicle Speed Control, Accelerator Pedal

Hersteller: Fiat Chrysler Limited Liability Company LLC, NHTSA Campaign Number: 14V293000, Report Receipt Date: June 4, 2014, <http://www.nhtsa.gov>

*“When optional adaptive cruise control was activated and the driver temporarily pressed the accelerator pedal to increase (override) vehicle's set speed more than the cruise control system would on its own, the **vehicle could continue to accelerate briefly after the accelerator pedal was released again.**”*



2014 Dodge Durango



2014 Jeep Grand Cherokee

Figures: Fiat Chrysler

Quelle: Winkle, Thomas: Development and Approval of Automated Vehicles: Considerations of Technical, Legal and Economic Risks.
In: Maurer, Markus; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.): Autonomous Driving. Springer Berlin Heidelberg, 2016, S. 589

Übung: Einstufung eines Automotive Safety Integrity Level (ASIL)

Rückruf: Forward Collision Avoidance, Activation of Collision Mitigation Braking System

Hersteller: Honda Motor Company, NHTSA Campaign Number: 15V301000,
Report Receipt Date: May 20, 2015, <http://www.nhtsa.gov>

"In certain driving conditions, the Collision Mitigation Braking System (CMBS) may incorrectly interpret certain roadside objects such as metal fences or metal guardrails as obstacles and unexpectedly apply the brakes. If the CMBS unexpectedly applies emergency braking force while driving, there is an increased risk of a crash."



2014, 2015 Acura MDX



2014, 2015 Acura RLX

Figures: Honda Motor Company

Quelle: Winkle, Thomas: Development and Approval of Automated Vehicles: Considerations of Technical, Legal and Economic Risks.
In: Maurer, Markus; Gerdes, J. Christian; Lenz, Barbara; Winner, Hermann (Hrsg.): Autonomous Driving. Springer Berlin Heidelberg, 2016, S. 599

Winkle, T. – Doctoral Thesis: Requirements to Develop Safe Automated Vehicles

9- 31

Übung: Einstufung eines Automotive Safety Integrity Level (ASIL)



		Controllability		
		C1	C2	C3
		E1		
S1	E2			
	E3			
	E4			
	E1			
S2	E2			
	E3			
	E4			
	E1			
S3	E2			
	E3			
	E4			
	E1			

Quellen: ADAS Code of Practice, ISO 26262

Kategorisierung der Verletzungsschwere: Severity (S0 - S3)

Class	S0	S1	S2	S3
Description	No injuries	Light and moderate injuries	Severe injuries, possibly life-threatening, survival probable	Life-threatening injuries (survival uncertain) or fatal injuries
Reference for single injuries (informative)	AIS 0 Damage that cannot be classified safety related, e.g. bumps with the infrastructure	more than 10% probability of AIS 1-6 (and not S2 or S3)	more than 10% probability of AIS 3-6 (and not S3)	more than 10% probability of AIS 5 and 6

Abbreviated Injury Scale (AIS) in der ISO 26262

Code	Injury Description	ISO
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

Risikobewertung - Controllability Einstufung (Anhang A.3.4)

Dabei wird die Controllability im Code of Practice und in der ISO 26262 von C0 - C3 kategorisiert. Hier die Klassen C0 - C3 des ADAS Code of Practice:

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.

Abbildung: Categorisation of Controllability for risk assessment

ADAS Code of Practice A.3.4, S. A44

9 Übung Controllability → 9.4 Beispiele für die Festlegung von Maßnahmen

9- 35

ISO 26262:2018 Risikobewertung – Klassen der Controllability Beispiele

Driving factors and scenarios	Class of controllability (see Table 3)			
	C0	C1	C2	C3
Controllable in general	99 % or more of all drivers or other traffic participants are usually able to avoid harm	90 % or more of all drivers or other traffic participants are usually able to avoid harm	Less than 90 % of all drivers or other traffic participants are usually able, or barely able, to avoid harm	
Situations that are considered distracting	Maintain intended driving path	—	—	—
Unexpected radio volume increase	Maintain intended driving path	—	—	—
Warning message - gas low	Maintain intended driving path	—	—	—
Unavailability of a driver assisting system	Maintain intended driving path	—	—	—
Faulty adjustment of seat position while driving	—	Brake to slow/stop vehicle	—	—
Blocked steering column when starting the vehicle	—	Brake to slow/stop vehicle	—	—
Failure of ABS during emergency braking	—	—	Maintain intended driving path	—
Headlights fail while night driving at medium/high speed on unlit road	—	—	Steer to side of road or brake to stop	—
Motor failure at high lateral acceleration (motorway exit)	—	—	Maintain intended driving path	—
Failure of ABS when braking on low friction road surface while executing a turn	—	—	—	Maintain intended driving path, stay in lane
Failure of brakes	—	—	—	Brake to slow/stop vehicle
Incorrect steering angle with high angular speed at medium or high vehicle speed (steering angle change not aligned to driver intent)	—	—	—	Maintain intended driving path, stay in lane
Faulty driver airbag release when travelling at high speed	—	—	—	Maintain intended driving path, stay in lane Brake to slow/stop vehicle

NOTE 1 For C2, a feasible test scenario in accordance with RECOMMENDATION 3 (see Reference [3]) is accepted as adequate: "Practical testing experience revealed that a number of 20 valid data sets per scenario can supply a basic indication of validity". If each of the 20 data sets complies with the pass-criteria for the test, a level of controllability of 85 % (with a level of confidence of 95 % which is generally accepted for human factors tests) can be proven. This is appropriate evidence of the rationale for a C2-estimate.

NOTE 2 For C1 a test to provide a rationale that 99 % of the drivers "pass" the test in a certain traffic scenario might not be feasible because a huge number of test subjects would be necessary as the appropriate evidence for such a rationale.

NOTE 3 As no controllability is assumed for category C3, it is not relevant to have appropriate evidence of the rationale for such a classification.

Verweis auf
ADAS Code
of Practice
(siehe Folie 4)

9 Übung Controllability → 9.4 Beispiele für die Festlegung von Maßnahmen

Quelle: ADAS Code of Practice, ISO 26262: 2018 Teil 3

9- 36

Risiko Controllability Beispiele

	C0	C1	C2	C3
Examples	Situations that are considered distracting	Maintain intended driving path	—	—
	Unexpected radio volume increase	Maintain intended driving path	—	—
	Warning message - gas low	Maintain intended driving path	—	—
	Unavailability of a driver assisting system	Maintain intended driving path	—	—
	Faulty adjustment of seat position while driving	—	Brake to slow/stop vehicle	—
	Blocked steering column when starting the vehicle	—	Brake to slow/stop vehicle	—
	Failure of ABS during emergency braking	—	—	Maintain intended driving path
	Headlights fail while night driving at medium/high speed on unlighted road	—	—	Steer to side of road or brake to stop.
	Motor failure at high lateral acceleration (motorway exit)	—	—	Maintain intended driving path
	Failure of ABS when braking on low friction road surface while executing a turn	—	—	—
	Failure of brakes	—	—	—
	Incorrect steering angle with high angular speed at medium or high vehicle speed (steering angle change not aligned to driver intent)	—	—	Maintain intended driving path, stay in lane
	Faulty driver airbag release when travelling at high speed	—	—	Maintain intended driving path, stay in lane Brake to slow/stop vehicle

NOTE 1 For C2, a feasible test scenario in accordance with RESPONSE 3 (see Reference [3]) is accepted as adequate: "Practical testing experience
9 Übung Controllability → 9.4 Beispiele für die Festlegung von Maßnahmen

Quelle:
ISO 26262: 2018
Teil 3

Kategorisierung der Eintrittswahrscheinlichkeit: Exposure: (E1 - E4)

Class	E1	E2	E3	E4
Description	Very low probability	Low probability	Medium probability	High probability
Frequency of situation	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
Definition of duration/probability of Exposure (informative)	Not specified	< 1% of average operating time	1% - 10% of average operating time	> 10% of average operating time

* Zu C2:

Verweis auch in der zweiten Auflage der ISO 26262-3:2018, Part 3 Concept phase, auf den RESPONSE 3 ADAS Code of Practice:

* “For C2, a feasible test scenario in accordance with RESPONSE 3 (see Reference [3]) is accepted as adequate: “Practical testing experience revealed that a number of 20 valid data sets per scenario can supply a basic indication of validity”. If each of the 20 data sets complies with the pass-criteria for the test, a level of controllability of 85 % (with a level of confidence of 95 % which is generally accepted for human factors tests) can be proven. This is appropriate evidence of the rationale for a C2-estimate.”

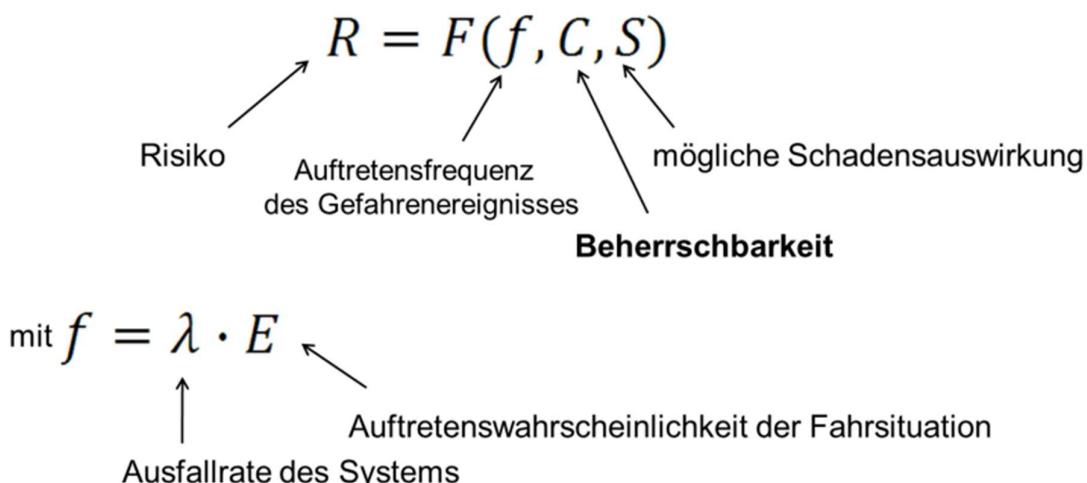
NOTE 1 For C2, a feasible test scenario in accordance with RESPONSE 3 (see Reference [3]) is accepted revealed that a number of 20 valid data sets per scenario can supply a basic indication of validity. If each of the 20 data sets complies with the pass-criteria for the test, a level of controllability of 85 % (with a level of confidence of 95 % which is generally accepted for human factors tests) can be proven. This is appropriate evidence of the rationale for a C2-estimate.

NOTE 2 For C1 a test to provide a rationale that 99 % of the drivers “pass” the test in a certain traffic scenario a large number of test subjects would be necessary as the appropriate evidence for such a rationale.

NOTE 3 As no controllability is assumed for category C3, it is not relevant to have appropriate evidence of the rationale for a C3-estimate.

Gefahrenanalyse und Risikobewertung (Anhang A.3)

Das ASIL Modell – Automotive Safety Integrity Level



In der ISO 26262 wird vereinfacht angenommen: $f = E$

Auftrittswahrscheinlichkeiten und Controllability werden in Klassen eingeteilt

Gefahrenanalyse und Risikobewertung (Anhang A.3)

Bestimmung des Automotive Safety Integrity Level (ASIL)

		C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	A
	E4	QM	A	B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	A
	E3	QM	A	B
	E4	A	B	C
S3	E1	QM	QM	A
	E2	QM	A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

- QM: Quality Management; Keine Anforderung zur Erfüllung der ISO 26262
- ASIL-A: Niedrige Sicherheitsanforderungen
- ASIL-D: Hohe Sicherheitsanforderungen

vgl. Anhang A.3.5, S. A45

Gefahrenanalyse und Risikobewertung (Anhang A.3)

ASIL Dekomposition

Die ASIL-Dekomposition ist in Kapitel 9 – ASIL der ISO 26262 beschrieben.

Definition der Dekomposition in Kapitel 1:

"apportioning of safety requirements redundantly to sufficiently independent elements (1.32), with the objective of reducing the ASIL (1.6) of the redundant safety requirements that are allocated to the corresponding elements"

Deutsche Übersetzung:

Redundante Aufteilung der Sicherheitsanforderungen auf ausreichend unabhängige Elemente – vor dem Hintergrund der Reduzierung der ASIL Einstufungen der redundanten Sicherheitsanforderungen – die auf die entsprechenden Elemente zugewiesen werden.

vgl. ISO 26262 Kap. 9

ASIL Dekomposition

Die **richtige** Dekomposition lässt sich durch eine ganz einfache mathematische Formel wiedergeben, in der folgende Vereinbarungen gelten:

QM (x) wird ersetzt durch 0

ASIL A(x) wird ersetzt durch 1

ASIL B(x) wird ersetzt durch 2

ASIL C(x) wird ersetzt durch 3

ASIL D(x) wird ersetzt durch 4

vgl. ISO 26262

ASIL Dekomposition

Die Summe der dekomponierten Elementen muss gleich dem Wert der ursprünglichen Einstufung sein.

Diese Umrechnungen sind korrekt:

$$\text{ASIL neu1} + \text{ASIL neu2} = \text{ASIL alt}$$

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

$$3 + 1 = 4$$

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

$$4 = 3 + 1$$

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

$$3 = 1 + 1 + 1$$

vgl. ISO 26262

ASIL Dekomposition

Grundsätzlich ist berücksichtigen, dass beispielsweise ein ASIL A_(D) keinesfalls einem ASIL A entspricht. Das bedeutet:

- Wenn für die dekomponierten Elemente gleiche Teile bzw. gleiche Software verwendet werden sollten, dann müssen die abhängigen Fehler analysiert werden um systematische Fehler aufzudecken.
- Die Hardware Metriken für die Architektur und auch die zufälligen Hardwarefehler, die zu einer Verletzung des Sicherheitsziels führen könnten bleiben für die Gesamtfunktion identisch!
- Für die dekomponierten Elemente muss eine ausreichende Unabhängigkeit gezeigt werden.

vgl. ISO 26262

9 Übung Controllability → 9.4 Beispiele für die Festlegung von Maßnahmen

9- 45

Gefahrenanalyse und Risikobewertung (Anhang A.3)



ASIL Dekomposition oder Überwachung

Wann handelt es sich um eine Dekomposition und wann um eine Überwachung?

Bei der Dekomposition müssen beide Elemente bezogen auf das Sicherheitsziel redundant ausgelegt sein. So müssen beispielsweise der Hauptrechner und der Sicherheitsrechner bei zu hoher Spannung/zu hohem Strom/zu hohem Drehmoment/... unabhängig voneinander in den Safe State schalten können.

Bei einer Überwachung teilt die Diagnose dem Hauptrechner lediglich mit, dass etwas nicht in Ordnung ist – jedoch nur der Hauptrechner kann das System in einen „Safe State“ überführen!

vgl. ISO 26262

9 Übung Controllability → 9.4 Beispiele für die Festlegung von Maßnahmen

9- 46



9.5 Deutscher Verkehrsgerichtstag zu Automatisiertem Fahren

9- 47

Deutscher Verkehrsgerichtstag 2019: Strafrechtliche Fragen

EMPFEHLUNG

Arbeitskreis II

Automatisiertes Fahren (Strafrechtliche Fragen)

Sicherheit im Straßenverkehr im Zusammenhang mit hoch- und vollautomatisiertem Fahren wird auch durch das Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht gewährleistet. Vor diesem Hintergrund empfiehlt der Arbeitskreis:

1. Die durch hoch- und vollautomatisiertes Fahren aufgeworfenen neuen Fragestellungen sind auf der Grundlage des bisherigen Strafrechts zu lösen. Es bedarf keines Sonderstrafrechts. Derzeit ist auch ein Unternehmensstrafrecht insoweit nicht erforderlich.
2. Die bereits erfolgte frühzeitige Schaffung eines Rahmens für das automatisierte Fahren höherer Stufen wird ausdrücklich begrüßt. Die derzeitige gesetzliche Regelung der Pflichtenstellung des Fahrzeugführers beim hoch- und vollautomatisierten Fahren (§ 1b StVG) ist, trotz mancher Bedenken – z.B. hinsichtlich des Spannungsverhältnisses von Abwendungsbefugnis und Wahrnehmungsbereitschaft – bezüglich ihrer praktischen Handhabbarkeit, grundsätzlich ausreichend. Die weitere Klärung obliegt der Judikatur und Rechtsdogmatik.
3. Die Einführung des Fahrmoduspeichers durch § 63a StVG wird begrüßt. Zur Aufklärung von Delikten ist darüber hinaus jedenfalls für hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge die dafür erforderliche Unfall- und Ereignisdatenspeicherung vorzusehen. Inhalt und Umfang der für die Unfallrekonstruktion zu speichernden Daten sind zu vereinheitlichen; die zu einer Speicherung führenden Ereignisse und die Schnittstellen sind zu standardisieren. Die Daten müssen jedenfalls auch im Fahrzeug gespeichert werden und aus ihm auslesbar sein.
4. Um eine effektive Verfolgung von Delikten zu gewährleisten, empfiehlt sich die geeignete Kennzeichnung der maximal möglichen Automatisierungsstufe des Fahrzeugs.

Deutscher Verkehrsgerichtstag 2019: Strafrechtliche Fragen

1. Die durch hoch- und vollautomatisiertes Fahren aufgeworfenen neuen Fragestellungen sind auf der Grundlage des bisherigen Strafrechts zu lösen. Es bedarf keines Sonderstrafrechts. Derzeit ist auch ein Unternehmensstrafrecht insoweit nicht erforderlich.
2. Die bereits erfolgte frühzeitige Schaffung eines Rahmens für das automatisierte Fahren höherer Stufen wird ausdrücklich begrüßt. Die derzeitige gesetzliche Regelung der Pflichtenstellung des Fahrzeugführers beim hoch- und vollautomatisierten Fahren (§ 1b StVG) ist, trotz mancher Bedenken – z.B. hinsichtlich des Spannungsverhältnisses von Abwendungsbeifugnis und Wahrnehmungsbereitschaft – bezüglich ihrer praktischen Handhabbarkeit, grundsätzlich ausreichend. Die weitere Klärung obliegt der Judikatur und Rechtsdogmatik.
3. Die Einführung des Fahrmodusspeichers durch § 63a StVG wird begrüßt. Zur Aufklärung von Delikten ist darüber hinaus jedenfalls für hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge die dafür erforderliche Unfall- und Ereignisdatenspeicherung vorzusehen. Inhalt und Umfang der für die Unfallrekonstruktion zu speichernden Daten sind zu vereinheitlichen; die zu einer Speicherung führenden Ereignisse und die Schnittstellen sind zu standardisieren. Die Daten müssen jedenfalls auch im Fahrzeug gespeichert werden und aus ihm auslesbar sein.
4. Um eine effektive Verfolgung von Delikten zu gewährleisten, empfiehlt sich die geeignete Kennzeichnung der maximal möglichen Automatisierungsstufe des Fahrzeugs

Weitere Literaturquellen

Chiellino, U., Winkle, T., Graab, B., Ernsberger, A., Donner, E., Nerlich, M. (2010):
Was können Fahrerassistenzsysteme im Unfallgeschehen leisten? In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 3/2010, TÜV Media GmbH, S. 131-137, Köln

Donner, E., Winkle, T., Walz, R., Schwarz, J. (2007): Response3 – Code of Practice für die Entwicklung, Validierung und Markteinführung von Fahrerassistenzsystemen (ADAS). In Technischer Kongress 2007, Verband der Automobilindustrie (VDA), S. 231-241, Sindelfingen.

International Organization for Standardization (ISO), ISO 26262-3 (2018): Road Vehicles – Functional safety

Knapp, A., Neumann, M., Brockmann, M., Walz, R., Winkle, T. (2009): Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS, Preventive and Active Safety Applications, eSafety for road and air transport, European Commission Integrated Project, Response3, European Automobile Manufacturers Association – ACEA, Brussels.
http://www.acea.be/uploads/publications/20090831_Code_of_Practice_ADAS.pdf

9- 51

Matthaei, R., Reschka, A., Rieken, J., Dierkes, F., Ulbrich, S., Winkle, T., Maurer, M. (2015): Autonomes Fahren, In: Winner, H., Hakuli, S., Lotz, F., Singer, C., (Hrsg.), Handbuch Fahrerassistenzsysteme, 3. Auflage, S. 1146-1168, Vieweg Teubner, Wiesbaden.

Winkle, T. (2015): Entwicklungs- und Freigabeprozess automatisierter Fahrzeuge: Berücksichtigung technischer, rechtlicher und ökonomischer Risiken. In: Maurer, M., Gerdes, C., Lenz, B., Winner, H., (Hrsg.), Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg.
http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-45854-9_28.pdf

Winkle, T. (2015): Sicherheitspotenzial automatisierter Fahrzeuge: Erkenntnisse aus der Unfallforschung. In: Maurer, M., Gerdes, C., Lenz, B., Winner, H., (Hrsg.), Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg.
http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-45854-9_17.pdf

9- 52

Winkle, T. (2016): Development and Approval of Automated Vehicles: Considerations of Technical, Legal and Economic Risks. In: Maurer, M., Gerdes, C., Lenz, B., Winner, H., (Hrsg.), Autonomous driving – technical, legal and social aspects. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg.
http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-48847-8_28.pdf

Winkle, T. (2016): Safety Benefits of Automated Vehicles: Extended Findings from Accident Research for Development, Validation and Testing. In: Maurer, M., Gerdes, C., Lenz, B., Winner, H., (Hrsg.), Autonomous driving – technical, legal and social aspects. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg.

http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-48847-8_17.pdf

Winkle, T. (2019): Rechtliche Anforderungen an automatisiertes Fahren – Erkenntnisse aus Verkehrsgerichtstagen mit Verkehrsunfallbeispielen, Ergonomie aktuell (20) 2019, München.

<https://www.lfe.mw.tum.de/downloads/>

Winkle, T., Erbsmehl, C., Bengler, K. (2018): Area-Wide Real-World Test Scenarios of Poor Visibility for Safe Development of Automated Vehicles, European Transport Research Review, Journal, Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg.

<https://etrr.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s12544-018-0304-x>

Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp



Vorlesungsübersicht

01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Entwicklungsprozess und Funktionale Sicherheit – Übung

Simon Hoffmann, M.Sc.

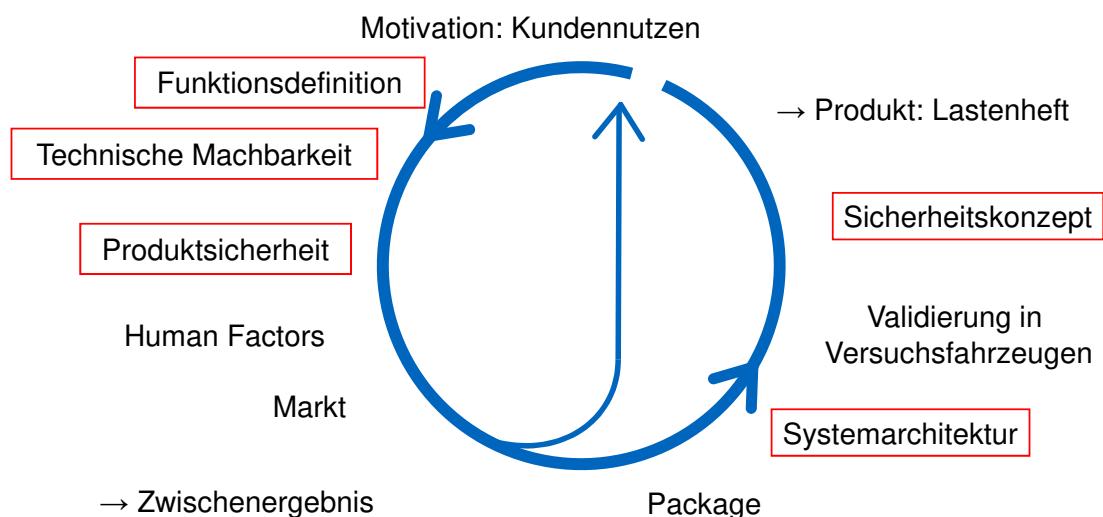
Agenda

Übung: Diskussion Entwicklungsprozess und Funktionale Sicherheit an einem Beispielsystem

- Funktionsdefinition
- Technische Machbarkeit
- Produktsicherheit
- Systemarchitektur
- Sicherheitskonzept
 - G&R
 - Anforderungen (FuSi)



Systematischer Entwurf



Beispielsystem automatisiertes Parken

- Motivation:
 - Entlastung: Fahrzeug übernimmt Parkvorgang (teilweise)
 - Ausstieg bei engen Parklücken: Kunde muss beim Parken nicht im Fahrzeug sein

Mehrere Varianten denkbar:

- Automatisierungsgrad

- Funktionsumfang

Wiederholung: Definition Automatisierungsgrade (SAE J3016)

	Fahrer	Automatisiertes System	Lenkung, Gas, Bremsen	Über- wachung der Fahrzeug- umgebung	Rückfall- ebene bei System- ausfall	Anwendungs- bereich
Fahrer überwacht die Straße						Begrenzt
						Begrenzt
						Begrenzt
						Begrenzt
						Begrenzt
						Unbegrenzt
Automatisiertes System überwacht die Straße						Begrenzt
						Begrenzt

Beispielsystem automatisiertes Parken

- Motivation:
 - Entlastung: Fahrzeug übernimmt Parkvorgang (teilweise)
 - Ausstieg bei engen Parklücken: Kunde muss beim Parken nicht im Fahrzeug sein

Mehrere Varianten denkbar:

- Automatisierungsgrad

- Funktionsumfang

Funktionsdefinition

- Vorgabe:
 - Funktion parkt Fahrzeug teilautomatisiert
 - Fahrer muss sich während dem Ein-/Ausparken nicht im Fahrzeug befinden
- Welche funktionalen Anforderungen stellen sich an das System?

Technische Machbarkeit

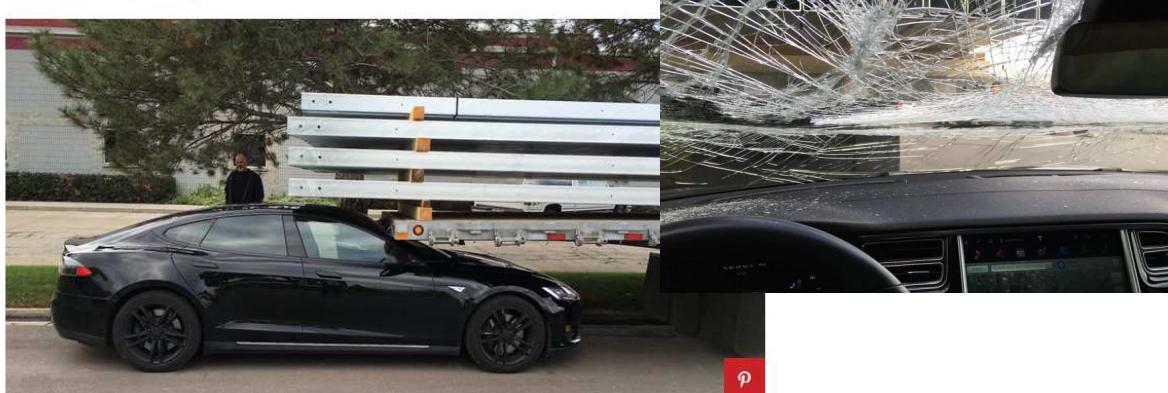
Welche Funktionalitäten werden dafür benötigt und welche technischen Lösungen gibt es für:

- Wahrnehmung:
- Verhaltensgenerierung:
- Umsetzung:

Produksicherheit

Tesla Owner Claims Model S Crashed Itself Into Trailer After Being Parked

A Utah man says his parked Model S crashed itself into a trailer. Tesla Motors claims it was an inadvertent activation of Summon self-parking.



<http://www.roadandtrack.com/new-cars/car-technology/news/a29133/tesla-self-driving-crash-summon-autonomous>

Produksicherheit

- Welche kritischen Szenarien sind denkbar?

- Welche kritischen Fehler können auftreten?

- Welcher Missbrauch ist zu erwarten?

(Human Factors)

- Nutzertransparenz
- Bedienkonzept
- ...

→ LFE

(Markt)

- Großer Hype von automatisierten Funktionen
- Aktuelle Systeme
 - Tesla Summon: Ein-/Ausparken in enge Garagen
 - BMW: Parkassistent, Ferngesteuertes Parken
 - Audi: Parkassistent
 - Mercedes: Remote Park Pilot
 - ...
- Rechtliche Hürden für Hoch- und Vollautomation
→ Aktuell dauerhafte Überwachung gefordert

(Package)

- Unterbringung der benötigten Komponenten
- Vor allem bei zusätzlichen Komponenten kritisch
- Einbauposition kann abhängen von
 - Benötigter Einbauposition für Sensorperformance
 - Design
 - Konkurrierende Platzanforderungen
 - Leitungslänge
 - Schadenseinfluss (Sachschäden, Sicherheit)
 - ...
- Ultraschall, topview, etc. bereits integriert?

Systemarchitektur

Funktionales Verhalten

- Welche Systemzustände kann das System haben? Zeichnen Sie einen Zustandsautomaten und beschriften Sie sowohl die Zustände als auch die Übergänge.

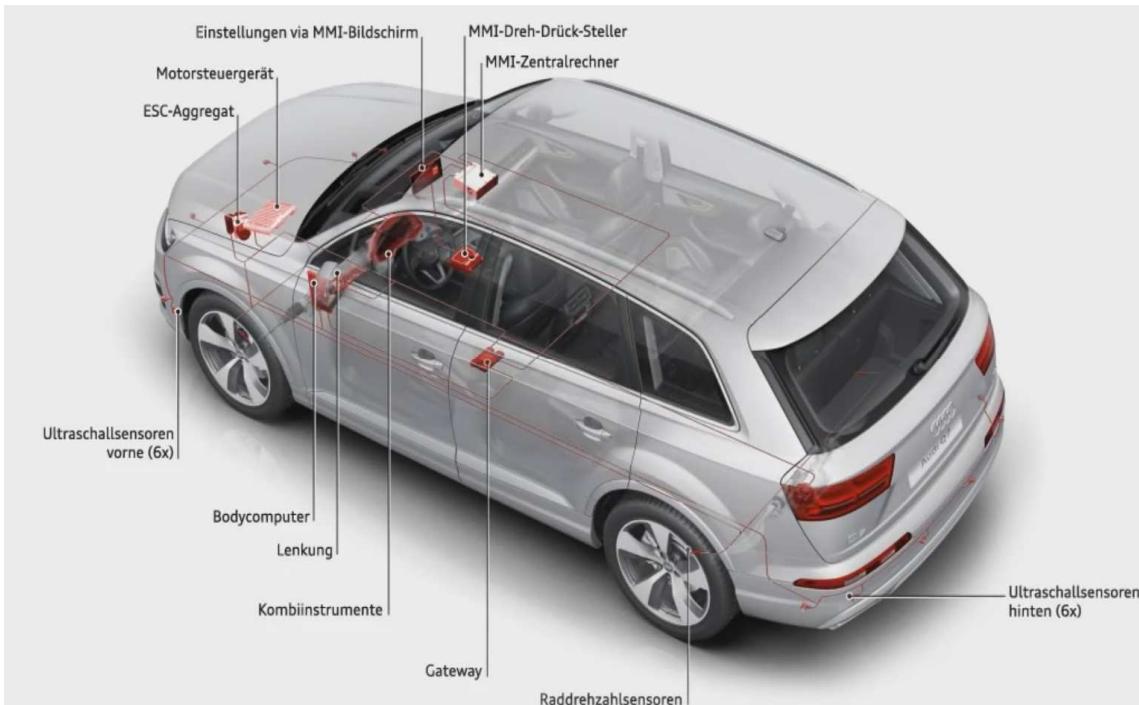
Systemarchitektur

Funktionale Systemarchitektur

- Skizzieren Sie die wichtigsten funktionalen Bestandteile und logischen Informationsflüsse Ihres Systems. Beschreiben sie die Funktionalitäten jeweils stichpunktartig.

Beispiel technische Komponenten

Audi Parkassistent



Sicherheitskonzept

Gefahren und Risikoanalyse

Mögliche Betriebsmodi: *System deaktiviert, System passiv, System bereit, System aktiv, System Notaus*

Laut ISO 26262 setzt sich ein gefährliches Ereignis aus einer Betriebssituation und einer Gefährdung aufgrund eines Fehlers zusammen. Beschreiben Sie stichpunktartig jeweils ein mögliches gefährliches Ereignis für die Betriebsmodi *System deaktiviert* und *System aktiv*.

Sicherheitskonzept

Gefahren und Risikoanalyse – Beispiele

Klassifizieren Sie das Risiko des gefährlichen Ereignisses (Fahrer fährt auf Landstraße + Lenkeingriff ohne Aktivierung → Kontrollverlust, Kollision mit Gegenverkehr oder Infrastruktur) nach der Methodik der ISO26262. Begründen Sie ihre Abschätzungen.

S	E	C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	A
	E4	QM	A	B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	A
	E3	QM	A	B
	E4	A	B	C
S3	E1	QM	QM	A
	E2	QM	A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

Sicherheitskonzept

Beispiel Lösungsansatz

Definieren Sie ein Sicherheitsziel für die identifizierte Gefährdung und schlagen Sie ein mögliches Lösungskonzept vor.

Fahrerassistenzsysteme im Kraftfahrzeug

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp



Vorlesungsübersicht

01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Einführung 28.04.2022 – Prof. Lienkamp	01 Übung Einführung 28.04.2022 – Hoffmann
02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp	02 Sensorik / Wahrnehmung I 05.05.2022 – Prof. Lienkamp
03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	03 Übung Sensorik / Wahrnehmung II 12.05.2022 – Schimpe
04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe	04 Übung Sensorik / Wahrnehmung III 19.05.2022 – Schimpe
05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	05 Funktionslogik / Regelung 02.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler
06 Übung Funktionslogik / Regelung 09.06.2022 – Dr.-Ing. Winkler	06 Funktionale Systemarchitektur 09.06.2022 – Prof. Lienkamp	06 Aktorik 09.06.2022 – Prof. Lienkamp
07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic	07 Übung Deep Learning 23.06.2022 – Majstorovic
08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI 30.06.2022 – Prof. Bengler	08 MMI Übung 30.06.2022 – Prof. Bengler
09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Controllability 07.07.2022 – Prof. Bengler	09 Übung Controllability 07.07.2022 – Winkle
10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Dr.-Ing. Diermeyer	10 Übung Entwicklungsprozess 14.07.2022 – Hoffmann
11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig	11 Übung Analyse und Bewertung FAS 21.07.2022 – Dr.-Ing. Feig
12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp	12 Aktuelle und künftige Systeme 28.07.2022 – Prof. Lienkamp

Übung Analyse und Bewertung FAS Dr.-Ing. Philip Feig

Agenda

1. Wiederholung
2. Aufgabe zu Unfallrekonstruktion und Verletzungsrisikofunktionen zur prospektiven Bestimmung von FAS
3. Aufgabe zur retrospektiven Analyse von FAS



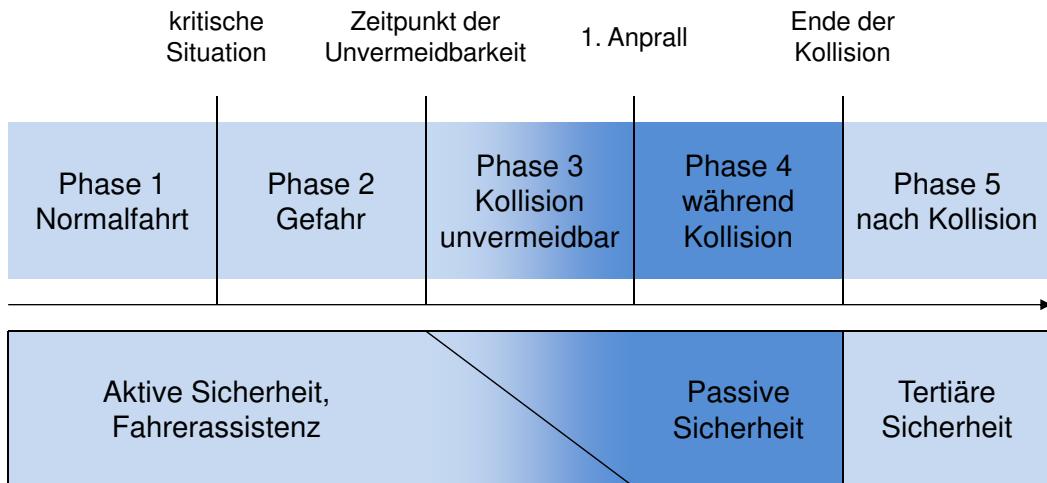
Szenario mit automatischem Notbremsassistenten

ANB mit Längsregelung



Unfallablaufplan nach ACEA

Differenzierung nach aktiver, passiver und tertiärer Sicherheit



Winner 2015, S.66

Kommentarfolie

In der Abbildung ist ein Unfallablauf mit seinen einzelnen Phasen schematisch dargestellt. Diese Darstellung wurde vom europäischen Dachverband der Automobilindustrie entwickelt (Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles – ACEA).

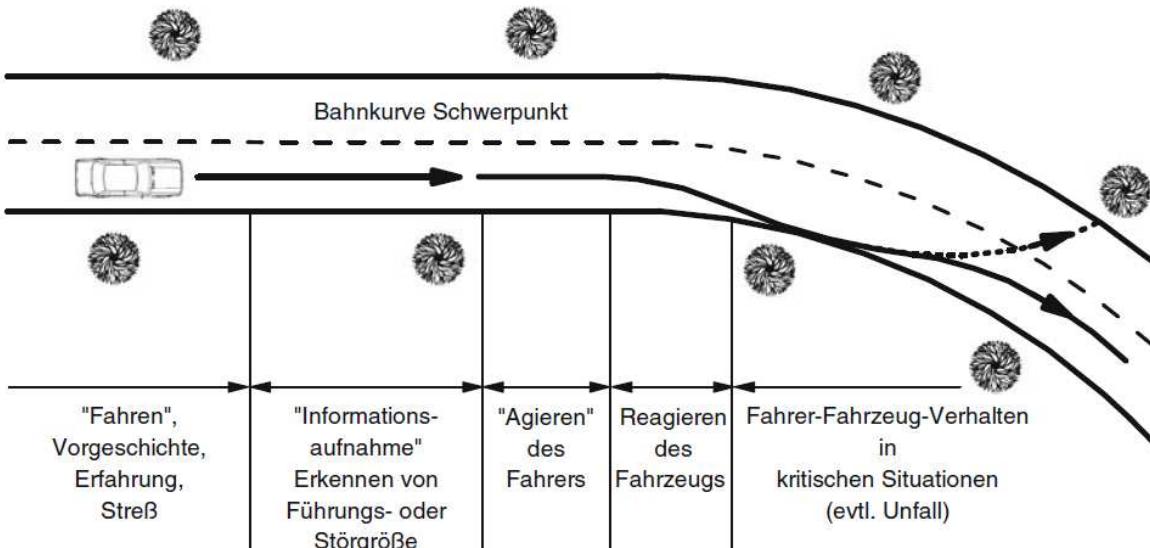
Demgemäß durchläuft jeder Unfall verschiedene Phasen, beginnend mit der Phase „**Normalfahrt**“, in der der Unfall für den Fahrer zwar noch nicht absehbar ist, jedoch bereits konditionelle Aspekte wie beispielsweise die bisherige Fahrtzeit auf den Fahrer einwirken. Diese Phase endet mit der unfallauslösenden **kritischen Situation**, die jedem Unfall vorausgeht. Diese kritische Situation kann das zu späte Erkennen eines Bremsmanövers des vorausfahrenden Fahrzeugs oder auch ein auf die Straße rennendes Kind sein. Nach Eintreten dieser Situation folgt die Phase der **Gefahr**. Diese zwei Phasen treten im täglichen Verkehrsgeschehen relativ häufig auf, ohne dass dies jedes Mal zwingend zu einem Unfall führt. Die kritische Schwelle eines Unfalls wird erst mit dem Erreichen des Zeitpunkts der **Unvermeidbarkeit**, auch bekannt als „point of no return“, überschritten. Im Anschluss folgt die **Phase vor der Kollision**, die je nach Unfall relativ kurz ist. Nach dem **Anprall** folgt die **Phase während der Kollision**, die mit dem Stillstand aller Beteiligten in Unfallendlage endet – in dieser Phase entstehen üblicherweise die höchsten Belastungen und damit auch die Verletzungen der Beteiligten. Die **Phase nach der Kollision** betrifft dann eventuelle Rettungsmaßnahmen, beispielsweise die Absetzung eines Notrufs.

Man erkennt, dass sich der Bereich von aktiven Sicherheits- und Fahrerassistenzsystemen in den vorkollisionären Phasen 1 bis 3 befindet und mit dem ersten Anprall endet. Je nach Wirkbereich des Systems kann erreicht werden, dass keine kritische Situation mehr entsteht (z. B. das Navigationssystem, das die Ablenkung des Fahrers von der Fahraufgabe minimiert; Adaptive Cruise Control, die für die Einhaltung eines ausreichenden Abstands sorgt) oder die bereits eingetretene kritische Situation entschärft (z. B. ESC) oder aber zumindest die Aufprallenergie reduziert wird, wenn der Zeitpunkt der Unvermeidbarkeit bereits überschritten ist (z. B. Bremsassistent).

Winner 2015, S.66

Zeitliche Phasen des Unfalls

Zeitlicher Ablauf einer kritischen Situation am Beispiel einer Kurvenfahrt



Johannsen 2013, S.12

Analyse und Bewertungsprozess



Beispiel Auffahrunfall

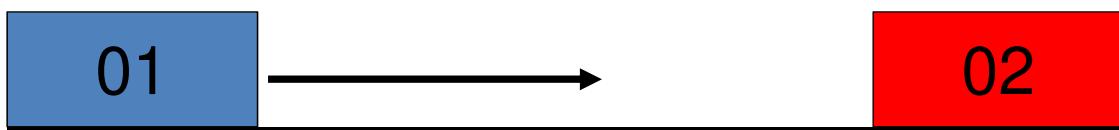
Zebrastreifen U-Bahnstation Garching Forschungszentrum



Unfallrekonstruktion

Rekonstruktion eines Auffahrunfalles

Unfallbeteiligter 01 (blaues Fahrzeug) fährt auf das stehende rote Fahrzeug (02) auf.



Bestimmen Sie den Nutzen eines Notbremsassistenten (AEB), der eine Gefahrenbremsung auslöst, sodass das Fahrzeug noch eine Sekunde vor Kollision maximal verzögert.

Um wie viel niedriger ist die Wahrscheinlichkeit, bei diesem Unfall eine Verletzung zu erleiden?

Rekonstruktion eines Auffahrurunfalls

Angaben

- Beteiligter 01:
Fahrzeugmasse $m_{01} = 1180 \text{ kg}$
Ausgangsgeschwindigkeit $v_{0_{01}} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- Beteiligter 02:
Fahrzeugmasse $m_{02} = 1695 \text{ kg}$
Ausgangsgeschwindigkeit $v_{0_{02}} = 0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- Stoßzahl $k = 0,1$
- Haftreibungskoeffizient $\mu = 0,8$

Rekonstruktion eines Auffahrurunfalls

Verletzungsrisiko

- Koeffizienten log. Regression

▫ Tödlich:

$$\begin{aligned}\beta_0 &= -8 \\ \beta_1 &= 0,075\end{aligned}$$

▫ Schwerverletzt:

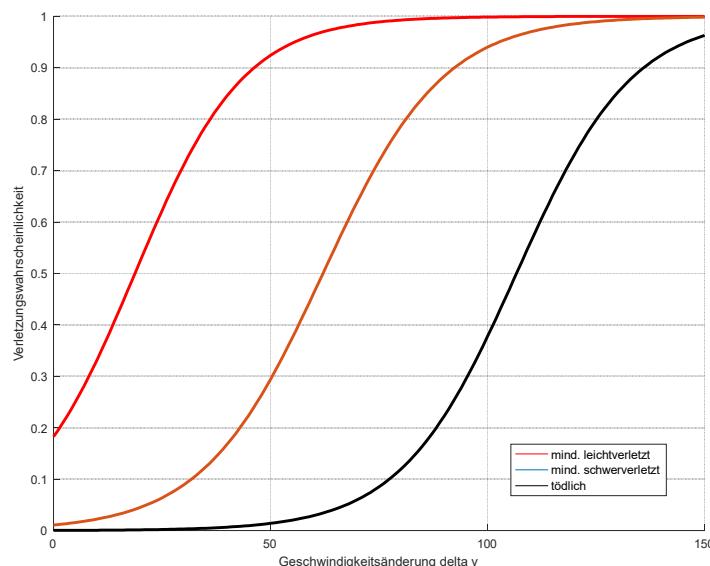
$$\begin{aligned}\beta_0 &= -4,5 \\ \beta_1 &= 0,0725\end{aligned}$$

▫ Leichtverletzt:

$$\begin{aligned}\beta_0 &= -1,5 \\ \beta_1 &= 0,08\end{aligned}$$

Rekonstruktion eines Auffahrungsunfalls

Verletzungsrisikofunktion

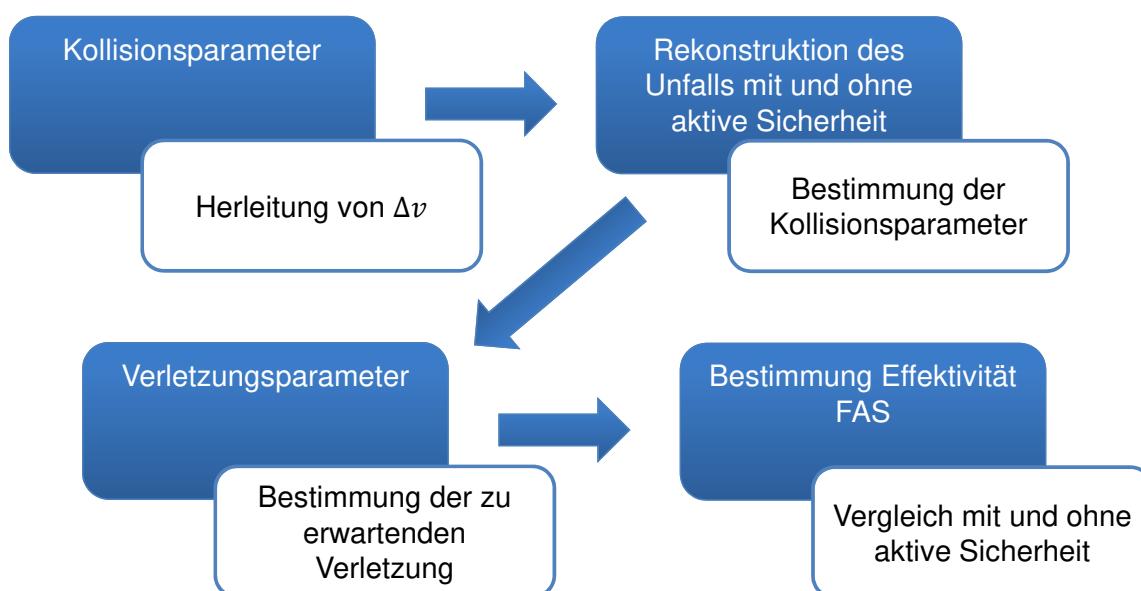


11 Analyse und Bewertung FAS → Übung

Ü11- 13

Rekonstruktion eines Auffahrungsunfalls

Vorgehen zur Lösung der Fragestellung



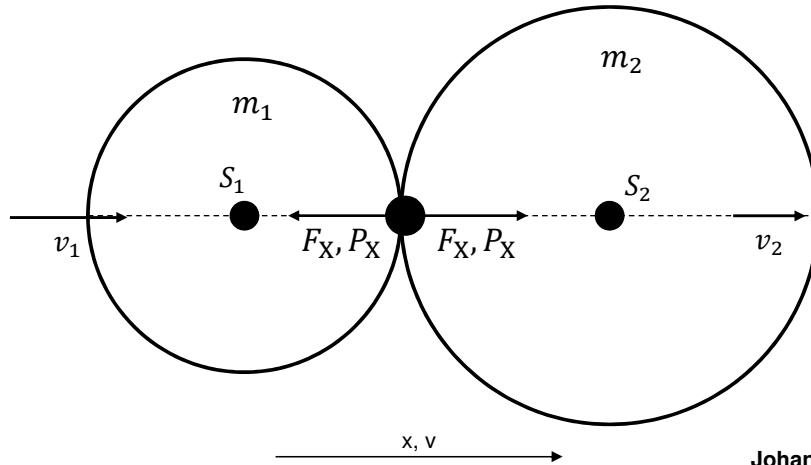
11 Analyse und Bewertung FAS → Übung

Ü11- 14

Kollisionsparameter

Herleitung gerader zentrischer Stoß zweier Scheiben

- Kollisionsgeschwindigkeit $v_{0_{01}} = v_1$ und $v_{0_{02}} = v_2$
- Geschwindigkeit nach Kollision v'_1 und v'_2



Johannsen 2013, S.108ff

Ü11- 15

11 Analyse und Bewertung FAS → Übung

Kollisionsparameter

Herleitung gerader zentrischer Stoß zweier Scheiben

- Aufstellen des Impulssatzes (y -Richtung und Drehrichtung entfallen):

$$(1): m_1 \cdot (v'_1 - v_1) = - \int F_X dt = -P_X$$

$$(2): m_2 \cdot (v'_2 - v_2) = - \int F_X dt = +P_X$$

mit P_X als Impuls.

- Addition der beiden Gleichungen ergibt den Impulserhaltungssatz:
 $(3): m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$

Johannsen 2013, S.108ff

11 Analyse und Bewertung FAS → Übung

Ü11- 16

Kollisionsparameter

Herleitung gerader zentrischer Stoß zweier Scheiben

- Stoßzahlhypothese nach Newton:
Die Stoßziffer k beschreibt das elastisch-plastische Verhalten der Stoßkontrahenten. Der Grenzfall des elastischen Stoßes ist durch $k = 1$, der des plastischen Stoßes durch $k = 0$ gekennzeichnet.
- Durch den Impulssatz allein ist das System unterbestimmt. Zur weiteren Lösung Annahme der Stoßhypothese nach Newton:

$$(4): k = \frac{P_{\text{Rest}}}{P_{\text{Komp}}} = \frac{\int_{t_u}^{t'} F \, dt}{\int_t^{t_u} F \, dt}$$

- Der Kompressions- und Restitutionsstoßantrieb lauten:
(5): $m_1 \cdot (v_{1u} - v_1) = -P_{\text{Komp}}$ (6): $m_1 \cdot (v'_1 - v_{1u}) = -P_{\text{Rest}}$
(7): $m_2 \cdot (v_{2u} - v_2) = +P_{\text{Komp}}$ (8): $m_2 \cdot (v'_2 - v_{2u}) = +P_{\text{Rest}}$

Johannsen 2013, S.108ff

Kollisionsparameter

Herleitung gerader zentrischer Stoß zweier Scheiben

- Aus den beiden ersten Gleichungen ergibt sich mit $v_u = v_{1u} = v_{2u}$ durch Addition die gemeinsame Geschwindigkeit während der größten Annäherung:

$$(9): v_u = \frac{(m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2)}{m_1 + m_2}$$

- Durch Einsetzen der Teilstoßantriebe (Gl.en 5 bis 9) in Gl. 4 und Elimination der „Umkehrgeschwindigkeit“ v_u ergibt sich für k die wichtige und anschauliche Form:

$$(10): k = -\frac{v'_1 - v'_2}{v_1 - v_2} = -\frac{v'_2 - v'_1}{v_2 - v_1}$$

Johannsen 2013, S.108ff

Kollisionsparameter

Herleitung gerader zentrischer Stoß zweier Scheiben

- Die gesuchten Auslaufgeschwindigkeiten können jetzt mit Hilfe der Stoßziffer und der Einlaufgeschwindigkeiten ausgedrückt werden:

$$(11): v'_1 = v_1 - \frac{m_2 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$$

$$(12): v'_2 = v_2 + \frac{m_1 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$$

- Die Geschwindigkeitsänderungen Δv_1 und Δv_2 errechnen sich zu:

$$(13): \Delta v_1 = v'_1 - v_1 = -\frac{m_2 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$$

$$(14): \Delta v_2 = v'_2 - v_2 = \frac{m_1 \cdot (1 + k)}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)$$

d.h. Δv wächst mit

- der Relativgeschwindigkeit $v_{\text{rel}} = v_1 - v_2$
- dem elastischen Anteil
- der Masse m_2 des Kollisionskontrahenten.

Johannsen 2013, S.108ff

Kommentarfolie

Es ist mit Hinblick auf die Vorzeichen der Ergebnisse (v'_1, v'_2) unbedingt notwendig, im „Ersatzsystem“ einer Stoßkonfiguration (z.B. Folie 10-16) positive Koordinaten (hier x) festzulegen. P_x ist wegen $v_1 > v_2$ positiv, wirkt also wie eingezeichnet. Wäre P_x mit umgekehrtem Vorzeichen so eingezeichnet worden, dass er einem „Zugantrieb“ entspricht, wäre das Ergebnis negativ gewesen, d.h. der Pfeil hätte real wiederum in die andere Richtung gezeigt.

Johannsen 2013, S.108ff

Rekonstruktion des Unfalls

Fall 1: ohne aktive Sicherheit

$$\text{Zwischenergebnis: } \Delta v_1 = -32,42 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \Delta v_2 = 22,57 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

11 Analyse und Bewertung FAS → Übung

Ü11- 21

Rekonstruktion des Unfalls

Fall 1: ohne aktive Sicherheit

$$p_{\text{tödlich}} \left(32,42 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = 0,00380 = 0,38\%$$
$$p_{\text{scherverletzt}} \left(32,42 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = 10,44\%$$
$$p_{\text{leichtverletzt}} \left(32,42 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = 74,91\%$$

11 Analyse und Bewertung FAS → Übung

Ü11- 22

Rekonstruktion des Unfalls

Fall 2: Mit aktiver Sicherheit

Zwischenergebnis: $\Delta v_1 = -14,10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $\Delta v_2 = 8,93 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

11 Analyse und Bewertung FAS → Übung

Ü11- 23

Rekonstruktion des Unfalls

Fall 2: Mit aktiver Sicherheit

$$p_{\text{leichtverletzt}} \left(14,10 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = 0,4081 = 40,81\%$$
$$p_{\text{schwerverletzt}} \left(14,10 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = 0,02995 = 3,0\%$$
$$p_{\text{tödlich}} \left(14,10 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = 0,000964 = 0,096\%$$

11 Analyse und Bewertung FAS → Übung

Ü11- 24

Rekonstruktion des Unfalls

Vergleich Verletzungswahrscheinlichkeiten mit/ohne aktive Sicherheit

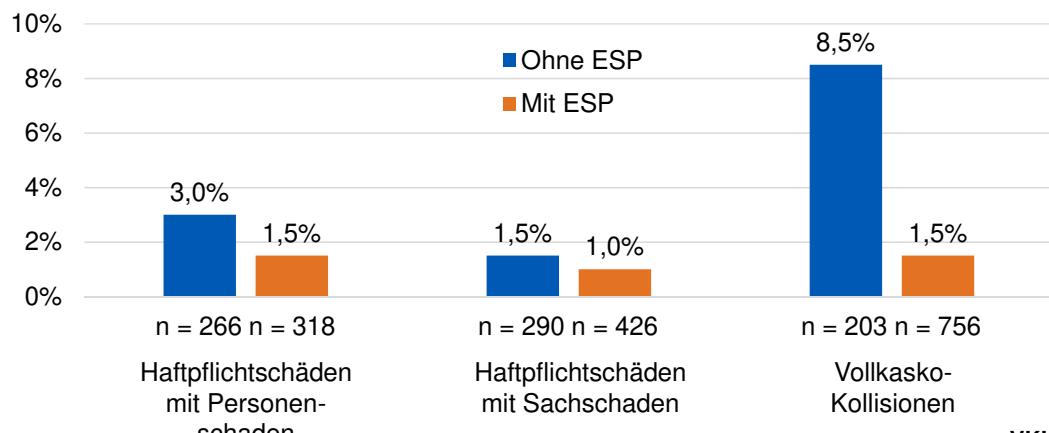
	Ohne FAS	Mit FAS	% Veränderung
Mind. leichte Verletzungen			
Mind. schwere Verletzungen			
Tödliche Verletzungen			

Aufgabe Odds Ratio

Gegeben sei das Verhältnis aus ESP-relevanten Schadenfällen bezogen auf die Gesamtschäden bei Fahrzeugen mit und ohne ESP-Ausstattung für verschiedene Versicherungssparten.

Schätzen Sie den Nutzen eines ESP anhand der FAS-Relevanzen ab.

Relevante Schadenfälle bei Fahrzeugen mit und ohne ESP-Ausstattung



Odds Ratio

Definition und Beispiel

Gibt das Verhältnis von tatsächlichen und erwarteten relevanten Unfällen für ein bestimmtes FAS an.

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

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

Beispiel: $OR = 1/3$



Ohne FAS wären dreimal so viele FAS-relevante Unfälle erwartet worden wie mit FAS → $\text{Nutzen}_{\text{FAS}} = 1 - \frac{1}{3} = 66\%$

VKU, 2015

Aufgabe Odds Ratio

Lösung

	Alle Unfälle ohne ESP	Alle Unfälle mit ESP	Relevante Unfälle ohne ESP	Relevante Unfälle mit ESP
Haftpflicht-schäden mit Personen-schaden				
Haftpflicht-schäden mit Sachschaden				
Vollkasko-Kollisionen				

Aufgabe Odds Ratio

Lösung – Haftpflichtschäden mit Personenschaden

Aufgabe Odds Ratio

Lösung – Haftpflichtschäden mit Sachschaden

Aufgabe Odds Ratio

Lösung – Vollkasko-Kollisionen