



Situationserkennung auf Basis eines Fahrzeugumgebungsmodells in Fahrerassistenzsystemen

Stefan Cordes

25.11.2005



Agenda

- Einleitung
 - Entwicklung von Assistenzsystemen
 - Aufbau von Assistenzsystemen

- Situationserkennung
 - Umgebungsmodell
 - relevante Verkehrssituationen

- Ausblick auf die Masterarbeit

Entwicklung der Assistenzsysteme

Ur-Assistenzsysteme

Scheibenwischer
Bremskraftverstärker
Servolenkung
Automatikgetriebe

Fahrwerkregelsysteme

Antiblockiersystem
Schlupfregelung
Fahrzeugstabilisierung

Verkehrssituations- abhängige Systeme

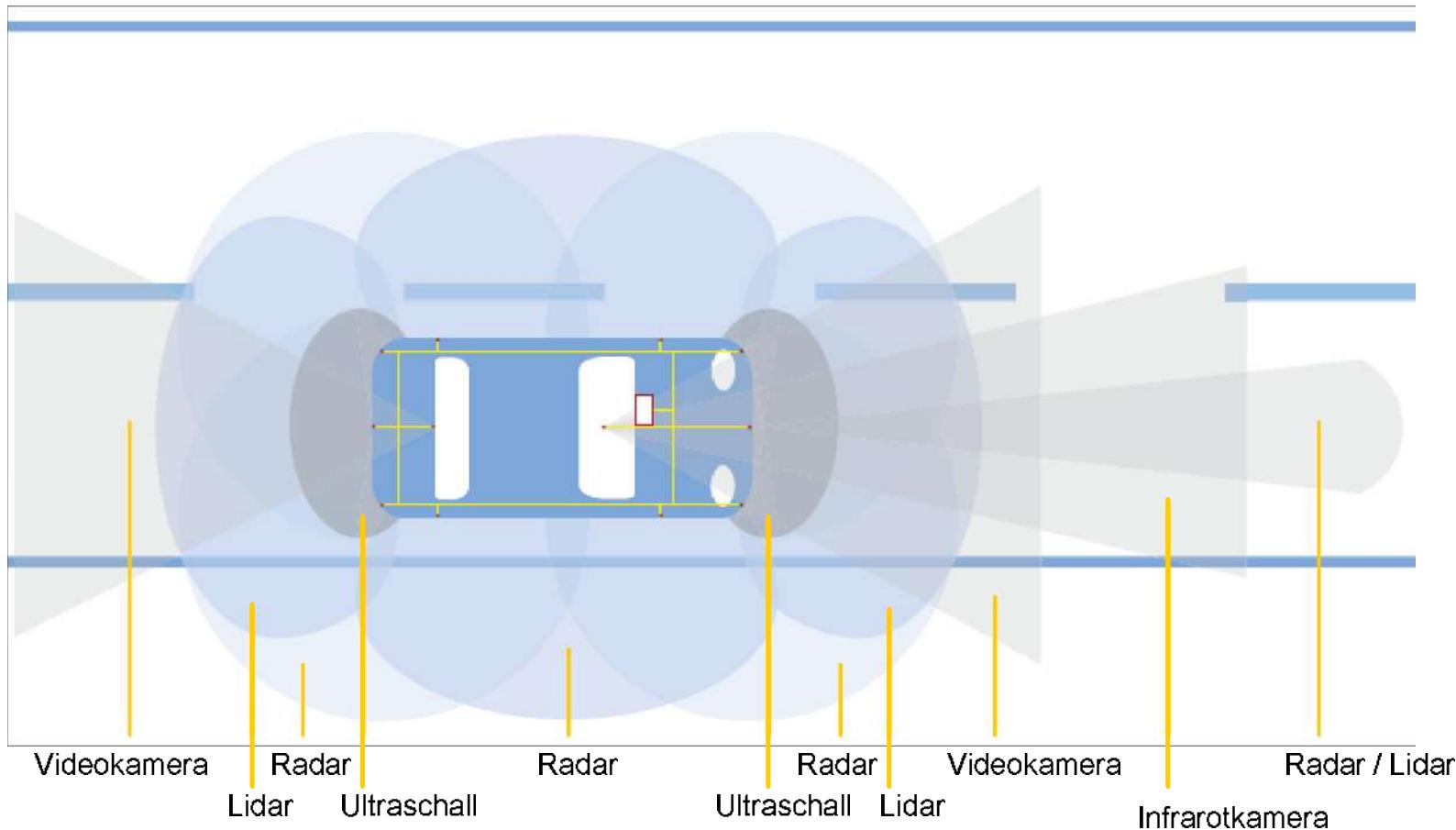
Einparkhilfe
Spurhaltesysteme
Abstandsregelung



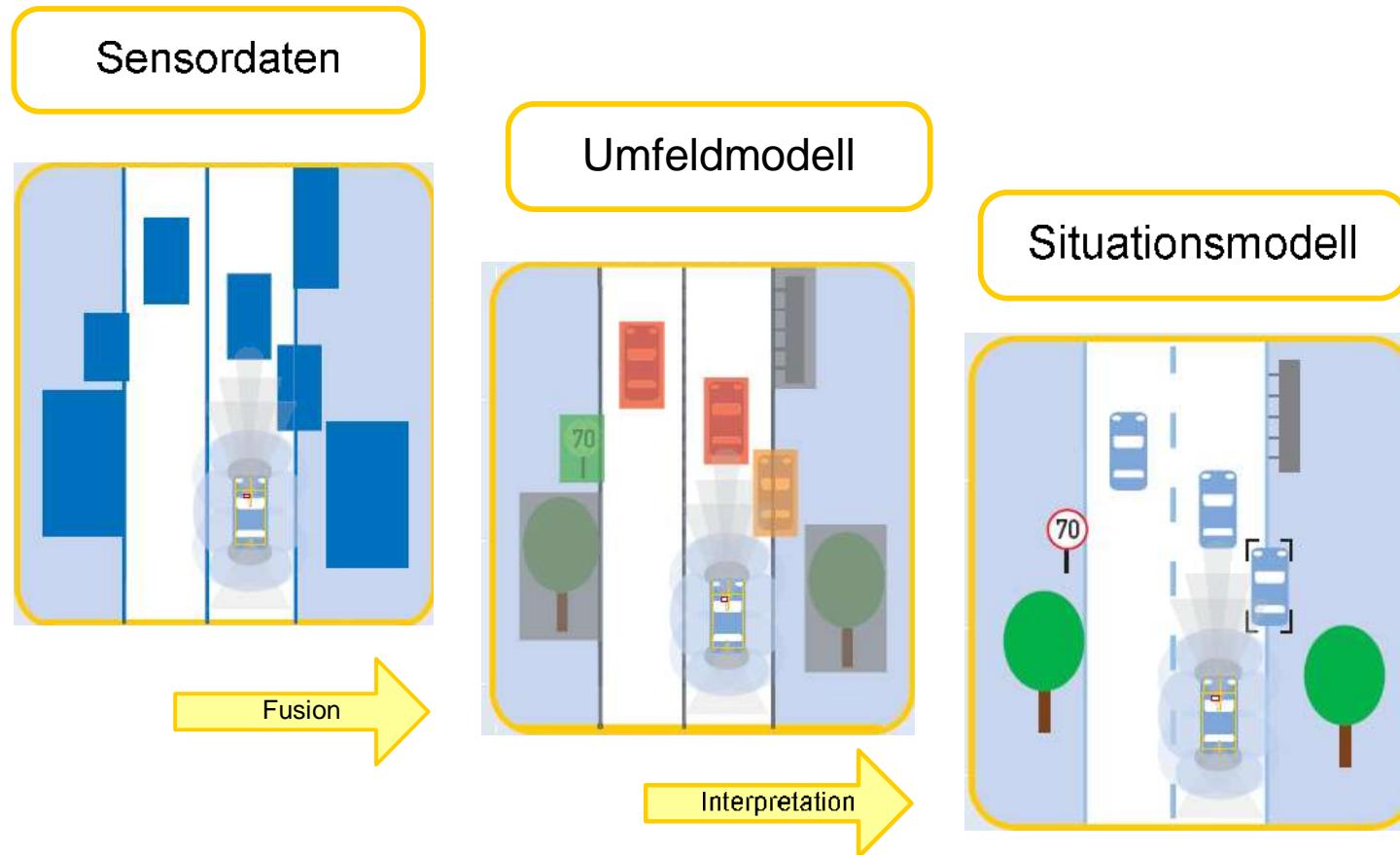
Aufbau eines Assistenzsystems



Umgebungserkennung



Situationserkennung



Situationserkennung



Umgebungsmodell

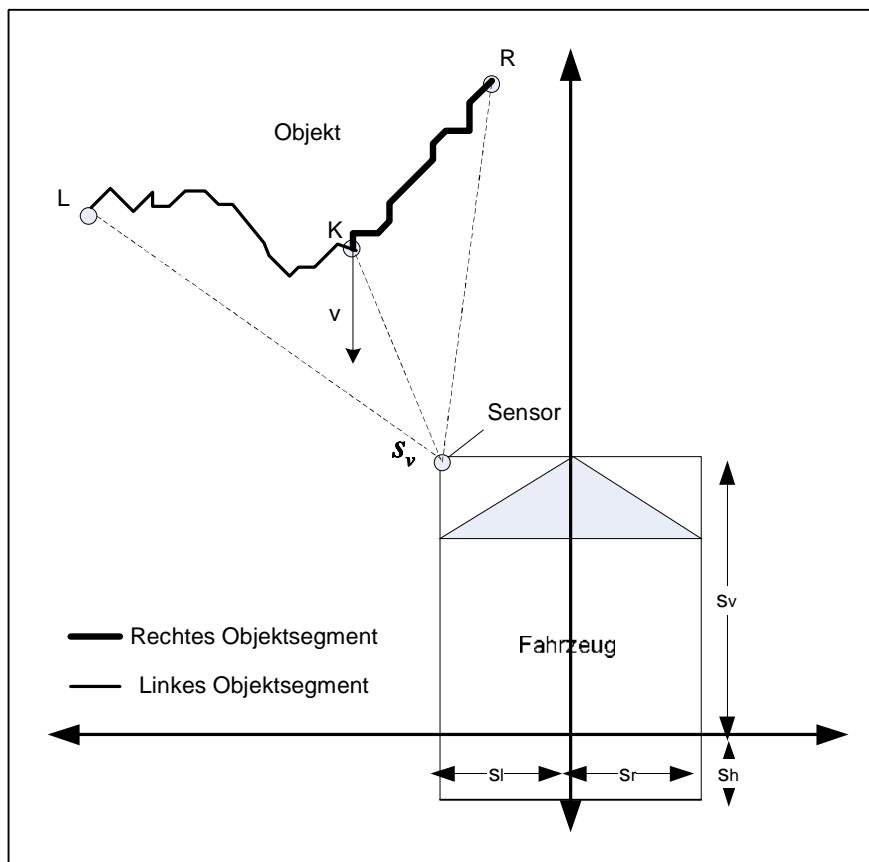
Das Umgebungsmodell stellt eine Momentaufnahme der Umgebung dar

- à Positionen der Objekte aus den Sensordaten
- à Geschwindigkeiten durch das Differenzieren der Positionen der Objekte zwischen zwei Erfassungszyklen

Aufgrund der ständigen Änderung des Modells muss die Situationserkennung zyklisch durchgeführt werden

- à Der Zeitbereich des Zyklus wird durch die Erfassungszyklen der Sensoren und den Zeitkonstanten des Fahrzeuges definiert

Umgebungsmodell





Ermittlung des Kollisionsstatus

Stefan Cordes

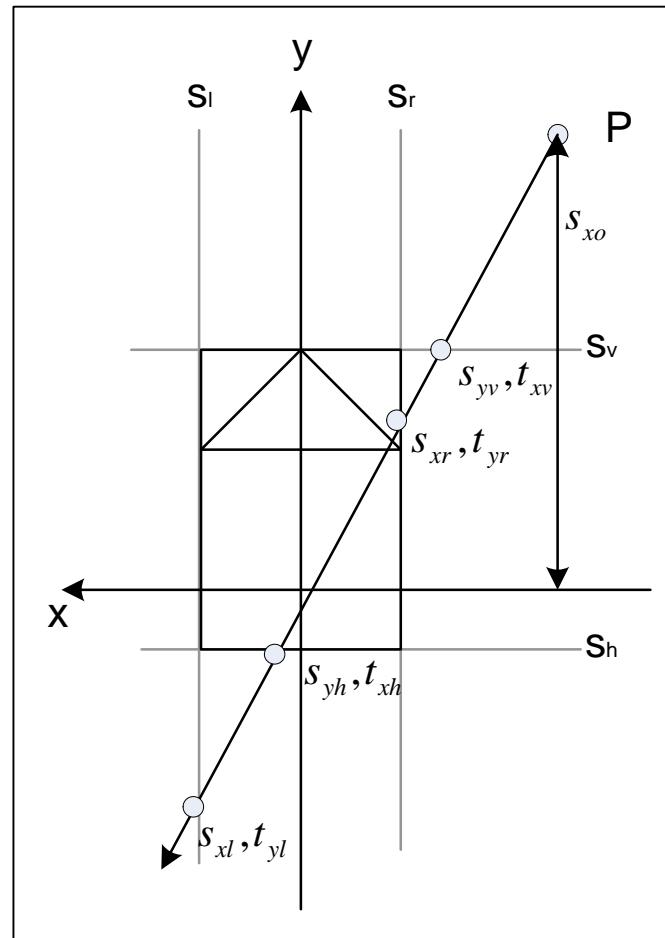
Kollision mit einem Punkt

Zeit bis zur vorderen Kollision:

$$t_{xv} = \frac{s_v - s_{x0}}{v_{x0}}$$

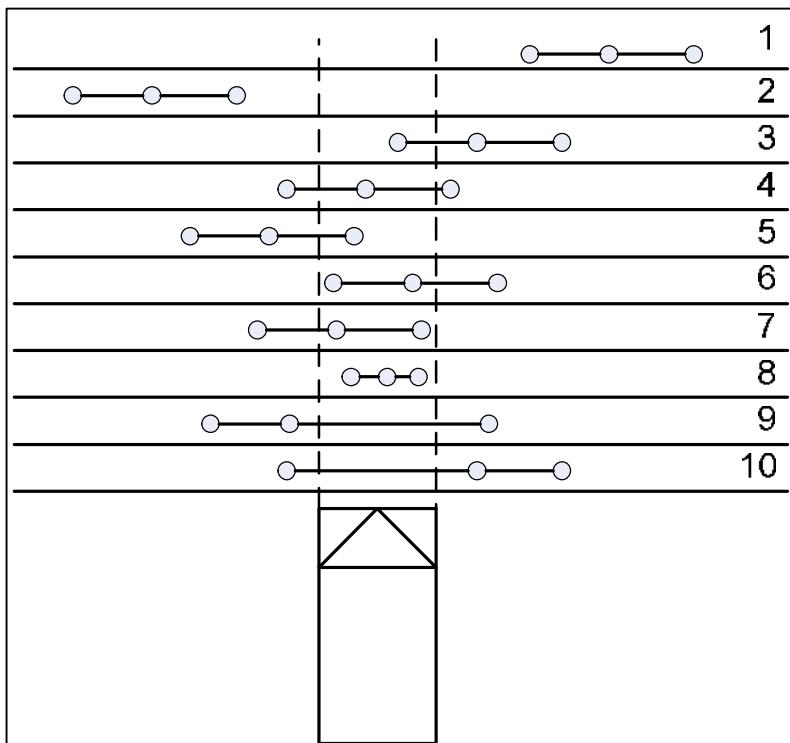
Y-Koordinate der vorderen Kollision:

$$s_{yv} = v_y * t_{xv} + s_{y0}$$



Kollision mit einem Objekt

10 Möglichkeiten der Begegnung



Liegen alle Punkte im Fahrzeuggbereich dann gilt:

$$T_z = \min(t_{xv,l}, t_{xv,k}, t_{xv,r})$$

Die restlichen Möglichkeiten werden in vier Fälle unterteilt:

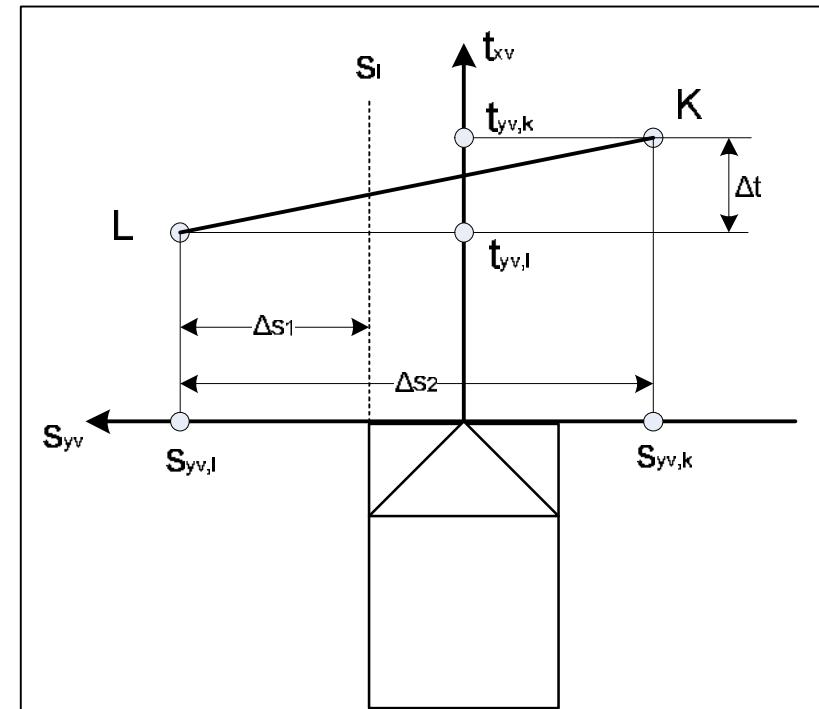
1. Linkes Objektsegment durch linke Fahrzeuggbegrenzung
2. Linkes Objektsegment durch rechte Fahrzeuggbegrenzung
3. Rechtes Objektsegment durch linke Fahrzeuggbegrenzung
4. Rechtes Objektsegment durch rechte Fahrzeuggbegrenzung

Berechnung der Kollisionszeit

Aufprallpunkt liegt im Objektsegment:

- Objektpunkte werden mit einer Geraden verbunden
- Berechnung des Aufprallzeitpunktes mit Hilfe des Strahlensatzes

$$T = t_{\min} + \Delta t * \frac{\Delta s_1}{\Delta s_2}$$



Kollisionszeit und Status

Kollisionszeit mit einer Fahrzeugseite:

$$T = \min(T_z, T_1, T_2, T_3, T_4)$$

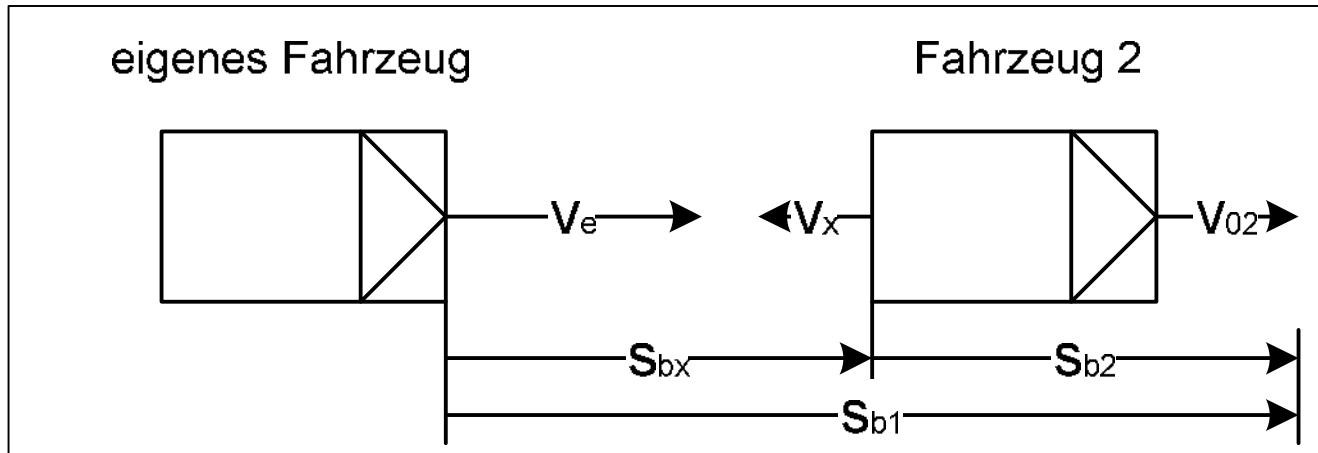
- Berechnung für alle vier Fahrzeugseiten
- Setzen des Statusflag für jede Fahrzeugseite
 - 1 – wenn die Aufprallzeit mit dieser Seite kleiner als alle Aufprallzeiten der anderen Seiten sind
 - 0 – sonst



Ermittlung des Bremsstatus

Stefan Cordes

Längsbewegte Objekte



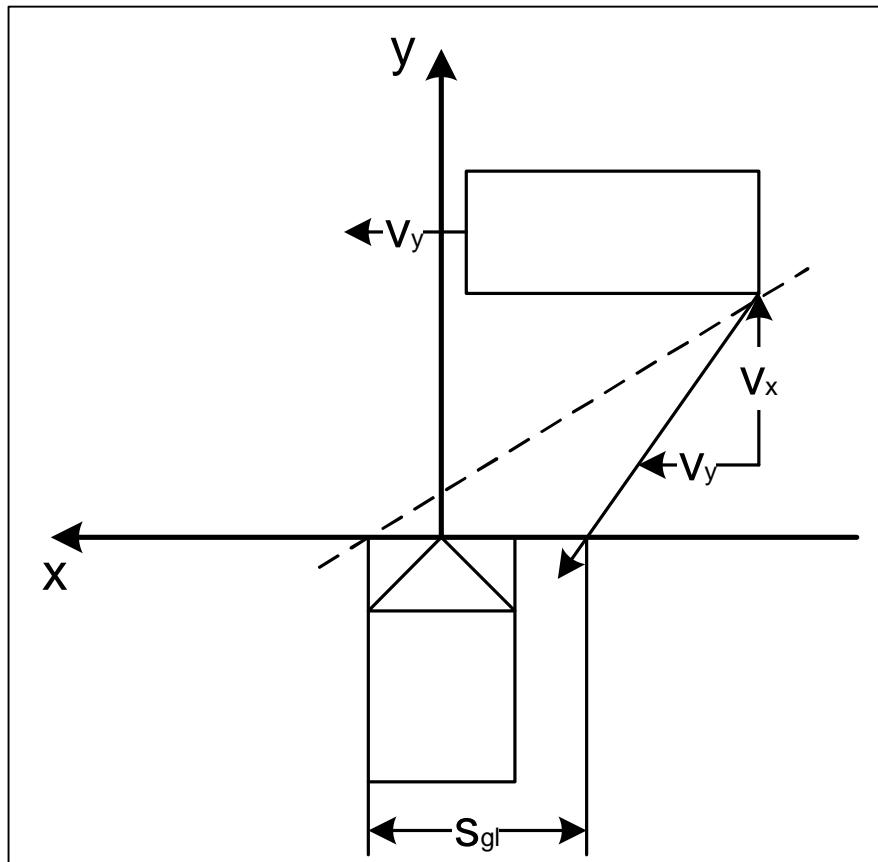
Berechnung des Bremsweges:

$$s_{bx} = \frac{v_x}{a} \left(\frac{1}{2} v_x + v_e \right)$$

Berechnung der Bremszeit:

$$t_{bx} = \frac{v_x}{a}$$

Querbewegte Objekte



Auslösesignal für Notbremsung

Ermittlung der Bremsstrecke:

$$s_b = \min(s_{bx}, s_{by})$$

Ermittlung der Bremszeit:

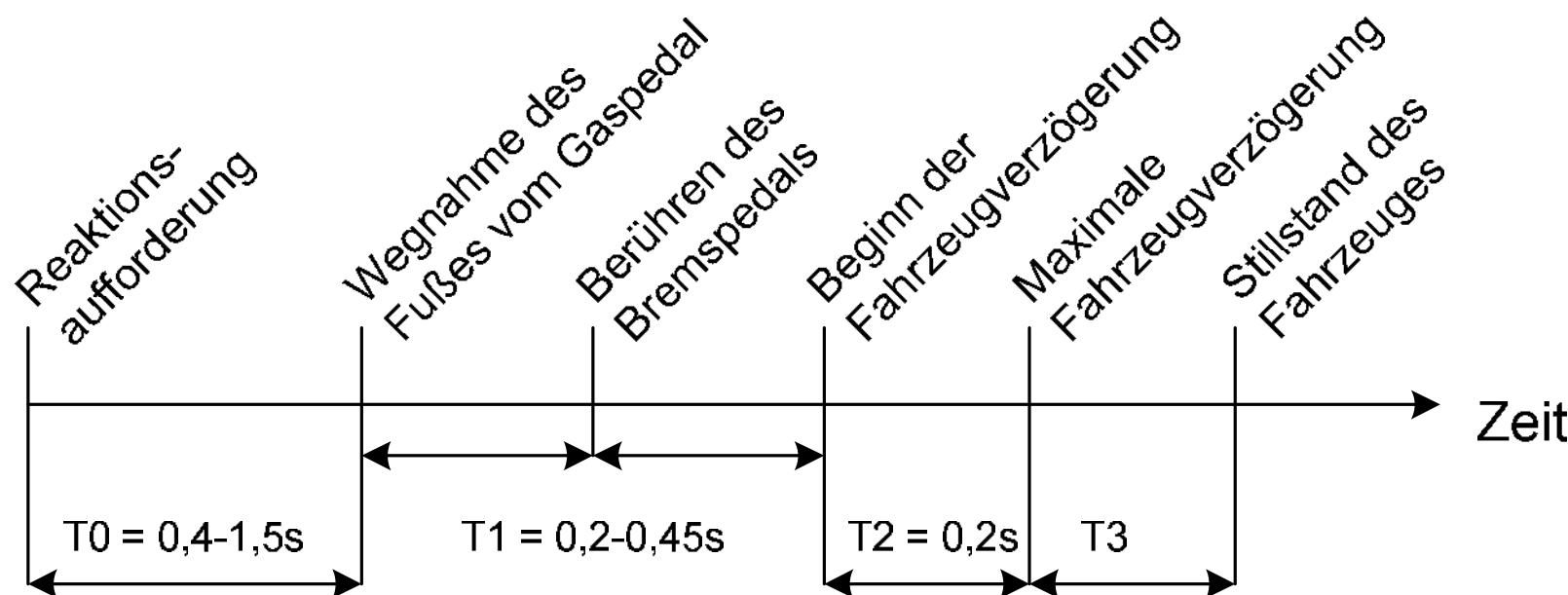
$$t_b = \begin{cases} t_{bx} & \text{für } s_b = s_{bx} \\ t_{by} & \text{für } s_b = s_{by} \end{cases}$$

Auslösesignal:

1 – wenn eine Kollision vorliegt und
die Kollisionszeit kleiner der Bremszeit ist und
der Weg bis zur Kollision kleiner dem Bremsweg ist.

0 - sonst

Phasen eines Bremsvorgangs





Ermittlung des Ausweichstatus

Stefan Cordes

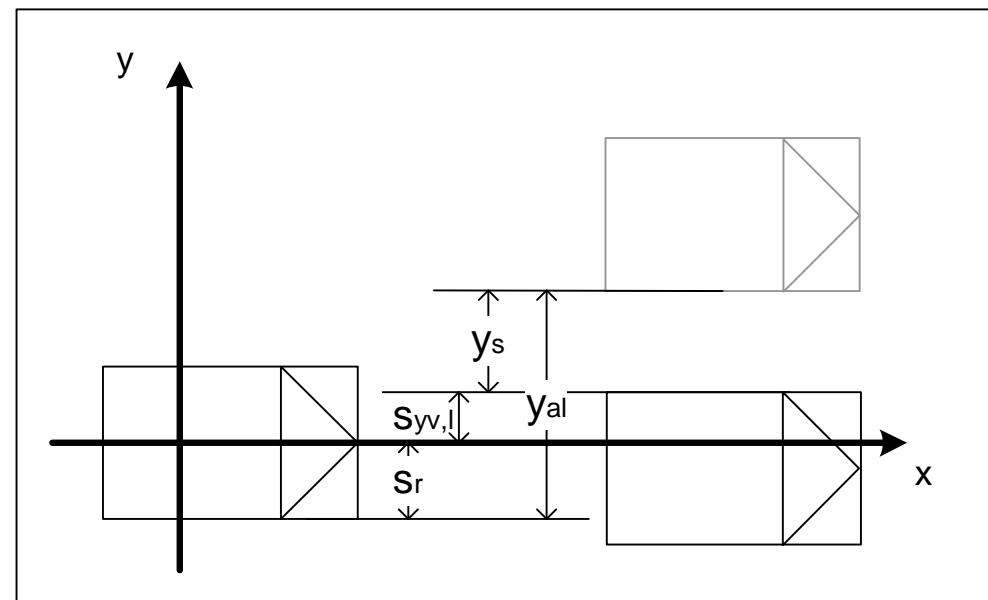
Ausweichzeit

Abhängig von:

- Ausweichbreite y_{al}

$$y_{al} = s_{yvl} + y_s + s_r$$

- maximal mögliche Querbeschleunigung



Ausweichkurve

Realisierung durch Aneinanderreihung von Klothoidenabschnitten

Klothoide

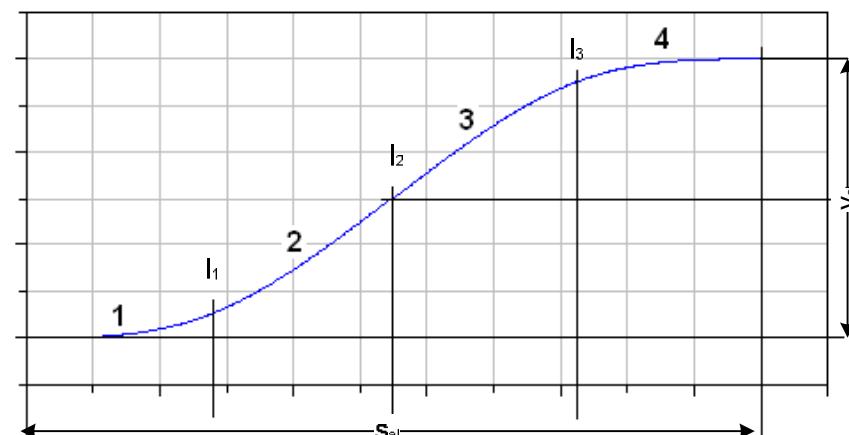
- Kurve mit konstanter Krümmungsänderung
- Kein Sprung beim Übergang \Rightarrow Ruckfrei
- Verwendet für den Bau von Autobahnauffahrten

Annäherung durch:

$$y(x) = c_0 + c_1 x + c_2 \frac{x^2}{2} + c_3 \frac{x^3}{6}$$

$c_0 \equiv$ Position
 $c_1 \equiv$ Steigung

$c_2 \equiv$ Krümmung
 $c_3 \equiv$ Krümmungsänderung

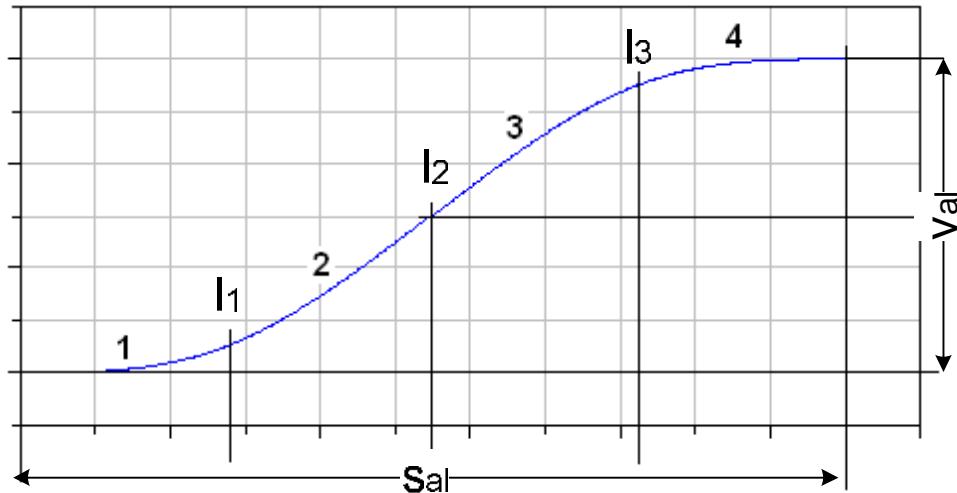


Ausweichkurve

Erster Abschnitt:

- Position, Steigung und Krümmung sind Null.
- Am Ende entspricht die Krümmung der max. Querbeschleunigung

$$y_1(x) = c_{31} \frac{x^3}{6}$$



Folge Abschnitte:

- Position aus voriger Klohoide am Übergang
- Steigung und Krümmung durch Differenzieren am Übergang
- Krümmungsänderung definiert durch max. Querbeschleunigung

$$y_x(x) = (y_{x-1}(l_{x-1})) + (y_{x-1}'(l_{x-1})) * x + (y_{x-1}''(l_{x-1})) * \frac{x^2}{2} (+/-) c_{31} \frac{x^3}{6}$$

Auslösesignal zum Ausweichen

Ausweichweg:

$$s_{al} = 4 * \sqrt{\frac{y_{al}}{2a_{qm}}} * v_e$$

Ausweichzeit:

$$t_{al} = 4 * \sqrt{\frac{y_{al}}{2a_{qm}}} \text{ für } y_{al} > 0 \quad \approx \quad 3 * \sqrt{\frac{y_{al}}{2a_{qm}}} \text{ für } y_{al} > 0$$

Auslösesignal für den Reaktionsentscheider:

1 - wenn Kollisionszeit \leq Ausweichzeit

0 - sonst

Situationserkennung





Ausblick auf die Masterarbeit

- Entwurf einer Situationserkennung für ein exemplarisch prototypisches Fahrerassistenzsystem
- Realisierung auf praxisnaher Hardware
 - GEME-Rechner mit Celeron 650 MHz
 - FlexRay-Knoten 24 MHz
- Grundlage ist das FAUST – Fahrzeug

Literatur

- [1] Ameling Christian: *Steigerung der aktiven Sicherheit von Kraftfahrzeugen durch ein Kollisionsvermeidungssystem*, VDI Verlag, 2002
- [2] Mildner Frank: *Untersuchung zur Erkennung und Vermeidung von Unfällen für Kraftfahrzeuge*, VDI Verlag, 2004
- [3] Kirchner Alexander: *Sensordatenverarbeitung eines Laserscanners für autonome Fahrfunktionen von Kraftfahrzeugen*, VDI Verlag, 2000
- [4] Lages, Ulrich S.: *Untersuchung zur aktiven Unfallvermeidung von Kraftfahrzeugen*, VDI Verlag, 2000
- [5] Freymann, Raymond: *Möglichkeiten und Grenzen von Fahrerassistenz- und Aktiven Sicherheitssystemen*, Tagungsbericht, 2004
- [6] Intelligenter Verkehr und nutzgerechte Technik , www.invent-online.de, Nov. 2005, Forschungsinitiative deutscher Unternehmen



Literatur

[7]Girard, Anouck R.,Spry, Stephan, Hedrick, J. Karl: *Real-Time, Embedded Hybrid Control Software*, IEEE Robotics & Automation Magazine, March 2005

[8]Barber, Jonathan, Kolodko, Julian, Noel, Tony, Parent, Michael, Vlacic, Ljubo: *Intelligent Vehicles Sharing City Roads*, IEEE Robotics & Automation Magazine, March 2005

[9]Maurin, Benjamin, Masoud, Osama, Papanikolopoulos, Nikolaus P.: *Computer Vision Algorithms for Monitoring Vehicles, Individuals, and Crowds*, IEEE Robotics & Automation Magazine, March 2005