



München, 16. Mai 2012

VERNETZUNGSTECHNOLOGIEN ALS BEITRAG ZUR INTEGRIERTEN KOLLISIONSVERMEIDUNG.

DR. MORITZ WERLING, PHILIPP REINISCH, PROF. DR. DIETER SCHRAMM

**BMW
GROUP**

Forschung und Technik



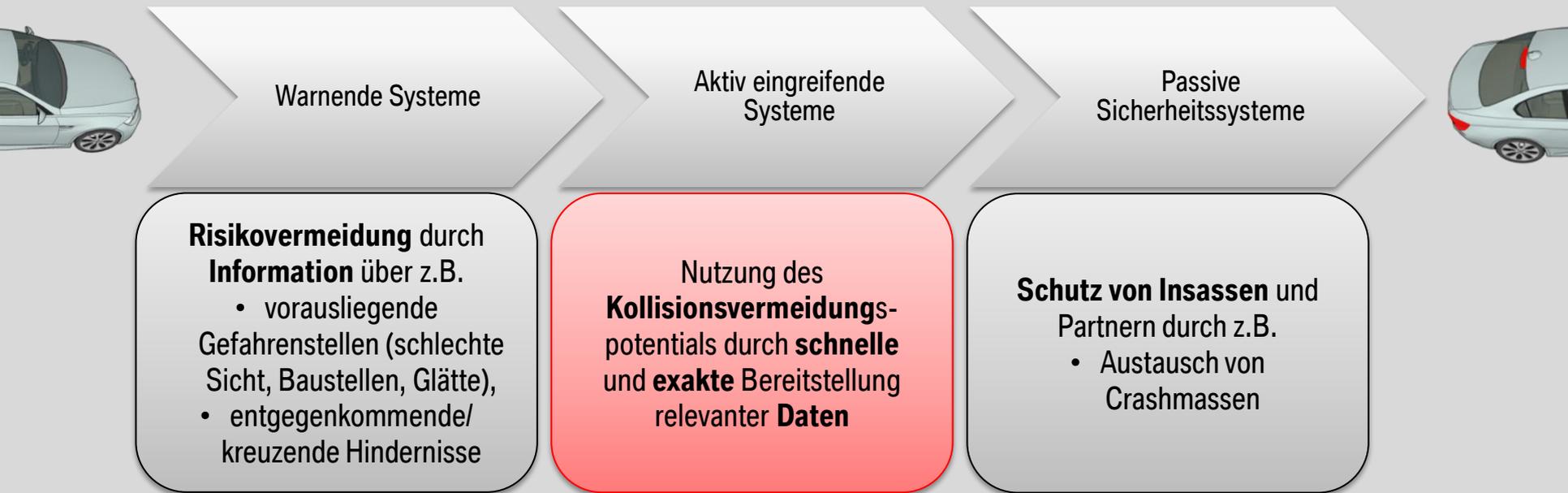
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN



AGENDA.

- Motivation
- Aktive Gefahrenbremsung im Längsverkehr
- Brems-/ Ausweichassistentz für den Querverkehr
- Untersuchte Szenarien
- Simulationsergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

VERNETZUNGSTECHNOLOGIEN HABEN HOHES POTENTIAL ZUR STEIGERUNG DER VERKEHRSSICHERHEIT.



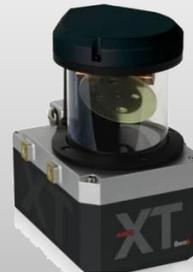
Bisherige Untersuchungen adressieren v.a. das Potential informierender und warnender Systeme. Im Bereich der eingreifenden Sicherheitssysteme werden ebenfalls große Potentiale vermutet.

ERMITTLUNG DES C2C-POTENTIALS ZUR KOLLISIONSVERMEIDUNG DURCH VERGLEICH MIT FAHRZEUGLOKALER SENSORIK.

Ausgangssituation: Vergleich der Systemreaktion eines Gefahrenbremssystems – also dessen **Auslösezeitpunkt** – auf Basis von

fahrzeuglokalen Daten:

Abstand
Geschwindigkeit
Beschleunigung

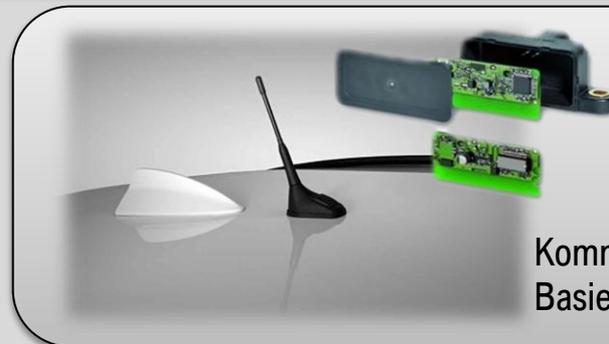


Laserscanner:
Ibeo Alasca XT

fahrzeuglokalen und kommunizierten Daten:

Abstand
Geschwindigkeit

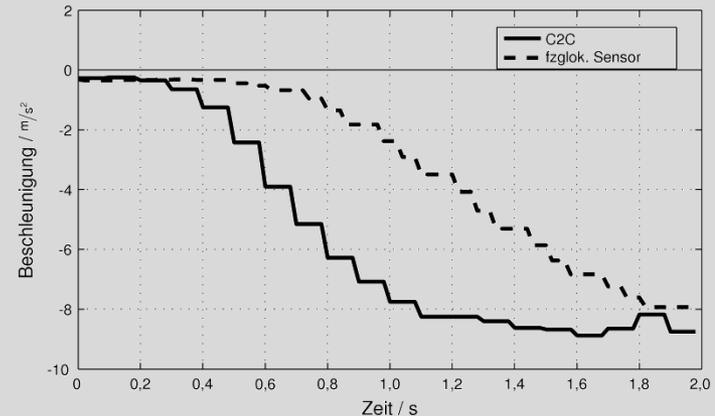
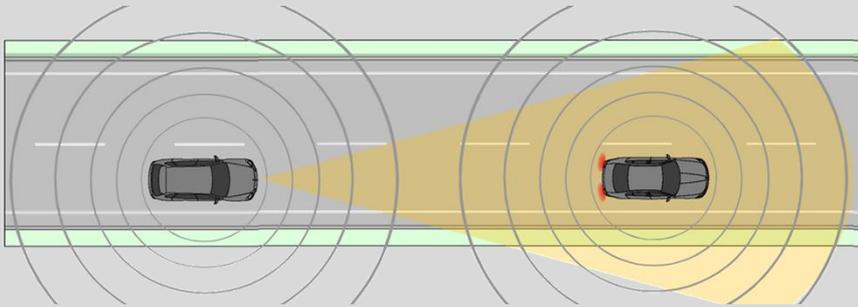
Beschleunigung



Kommunikationseinheit:
Basierend auf IEEE 802.11p

VERGLEICHSGRUNDLAGE SIND PLÖTZLICHE BREMSUNGEN DES VORAUSFAHENDEN FAHRZEUGS.

In Situationen mit sich schnell ändernden Verzögerungswerten des vorausfahrenden Fahrzeugs ist die Übertragungslatenz geringer als der Zeitverzug des Trackings.

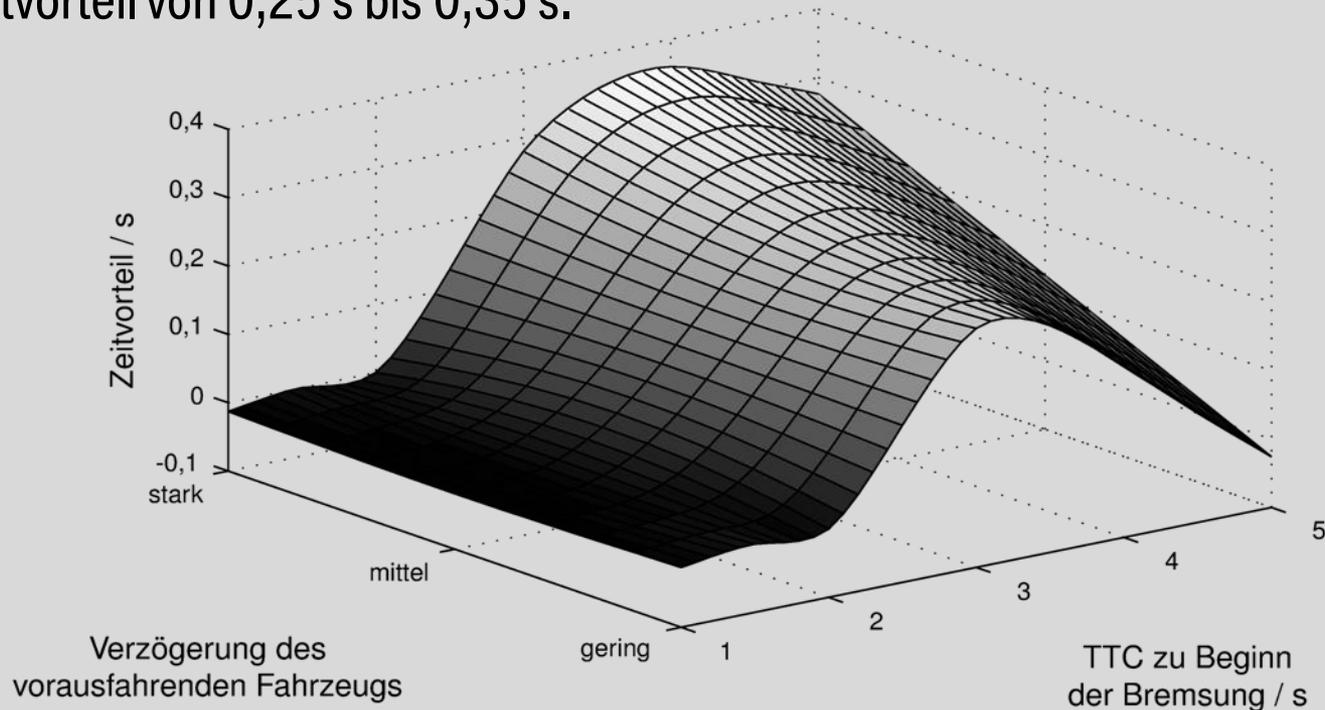


Untersuchung realer Annäherungsszenarien im **Längsverkehr**, bei denen das vorausfahrende Fahrzeug überraschend bremst

- im Differenzgeschwindigkeitsbereich bis 20 m/s
- mit Bremsungen bis 8 m/s²
- unter Annahme konstanter Beschleunigungen

C2C ERMÖGLICHT OPTIMALER WEISE EINEN ZEITGEWINN VON MEHREREN ZEHNTEL-SEKUNDEN.

Die frühere Erkennung der Verzögerung des Vorderfahrzeugs führt abhängig von dessen Bremsstärke bei der Systemaktivierung eines Gefahrenbremssystems zu einem Zeitvorteil von 0,25 s bis 0,35 s.



Quelle: Reinisch, Philipp; Fitzek, Ferik: Anwendungsbezogener Sensorsystemvergleich für ein Gefahrenbremssystem. In: Proff, Heike (Hrsg.); Schönharting, Jörg (Hrsg.); Schramm, Dieter (Hrsg.); Ziegler, Jürgen (Hrsg.): Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität: Betriebswirtschaftliche und technische Aspekte. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012, S. 189–199

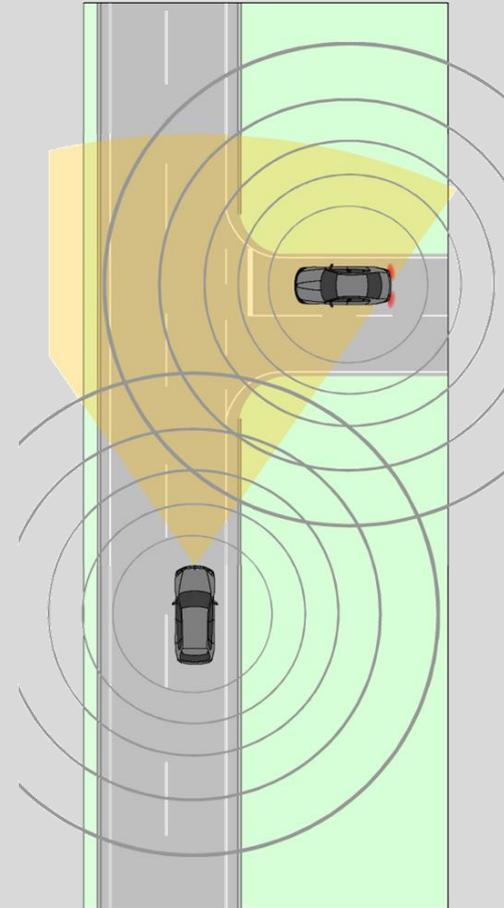
HYPOTHESE: AUCH IN QUERVERKEHRSSZENARIOEN KÖNNEN VERNETZUNGSTECHNOLOGIEN UNFÄLLE VERMEIDEN.

In der **Simulation** werden dazu **Querverkehrsszenarien** untersucht, in denen das Fremdfahrzeug das Eigenfahrzeug übersieht und (zu) spät vor der Kreuzung eine Bremsung einleitet.

Hypothese:

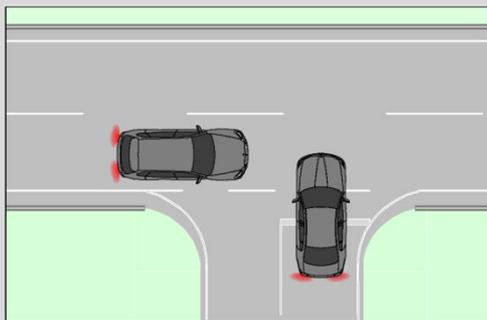
Analog den Längsverkehr-Szenarien ermöglicht die kürzere Latenz der C2C-Übertragung im Vergleich zum Sensorwert eine **genauere Prädiktion** (constant-acceleration) und führt damit zu

- weniger **Kollisionen** und
- weniger **Falschauslösungen**.

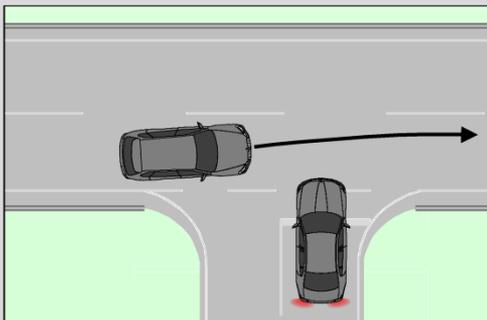


ERWEITERUNG DES GEFAHRENBREMSSYSTEMS ZU EINER BREMS-/ AUSWEICHASSISTENZ.

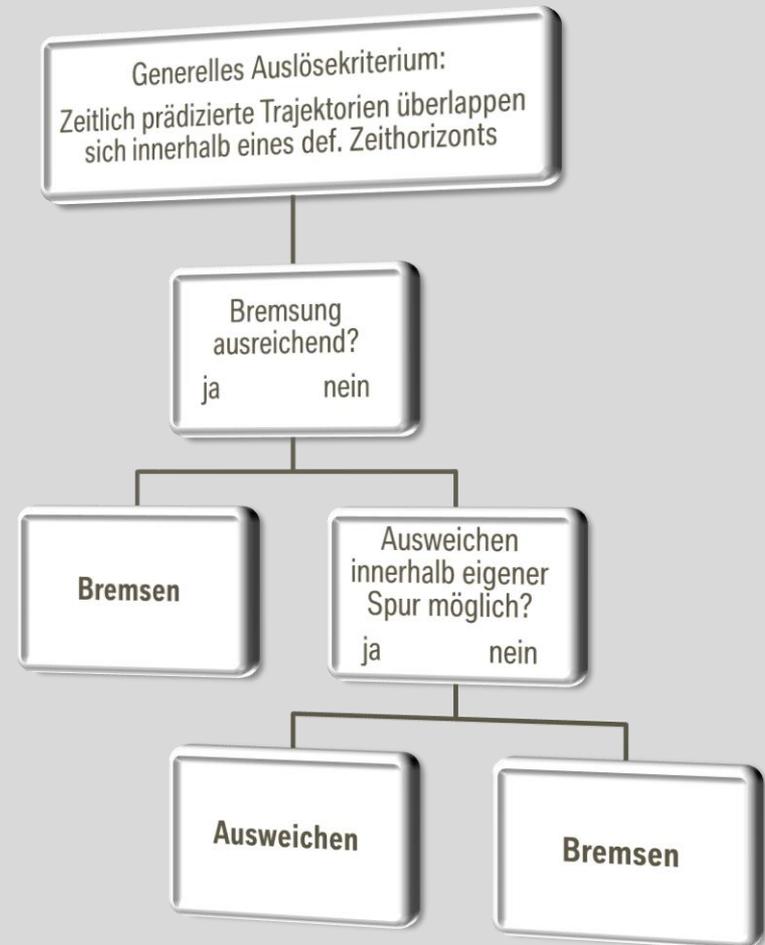
Zur Auflösung des potentiellen Unfallszenarios stehen in jedem Zeitschritt zwei Handlungsmöglichkeiten zur Verfügung:



Bremsen



Ausweichen



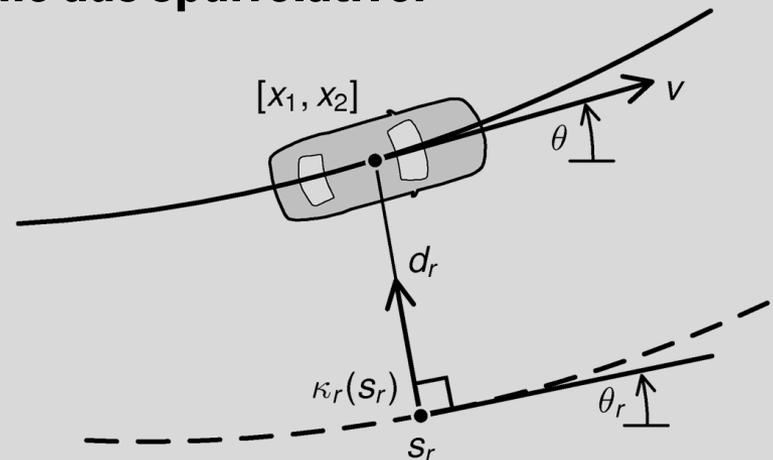
FORMULIERUNG DER AUSWEICH-TRAJEKTORIEN-PLANUNG ALS OPTIMALSTEUERPROBLEM.

Optimierung der gewichteten Quadrat-Summe aus spurrelativer

- Querbewegung,
- Querbeschleunigung und
- Querruck, sowie
- Lenkwinkelrate

Optimierungsrestriktionen

- Kollisionsfreiheit mit prädizierter Hindernistrajektorie
- beschränkte Lenkwinkelrate
- beschränkter Lenkwinkel
- beschränkte Querbeschleunigung
- beschränkte Versatzbreite



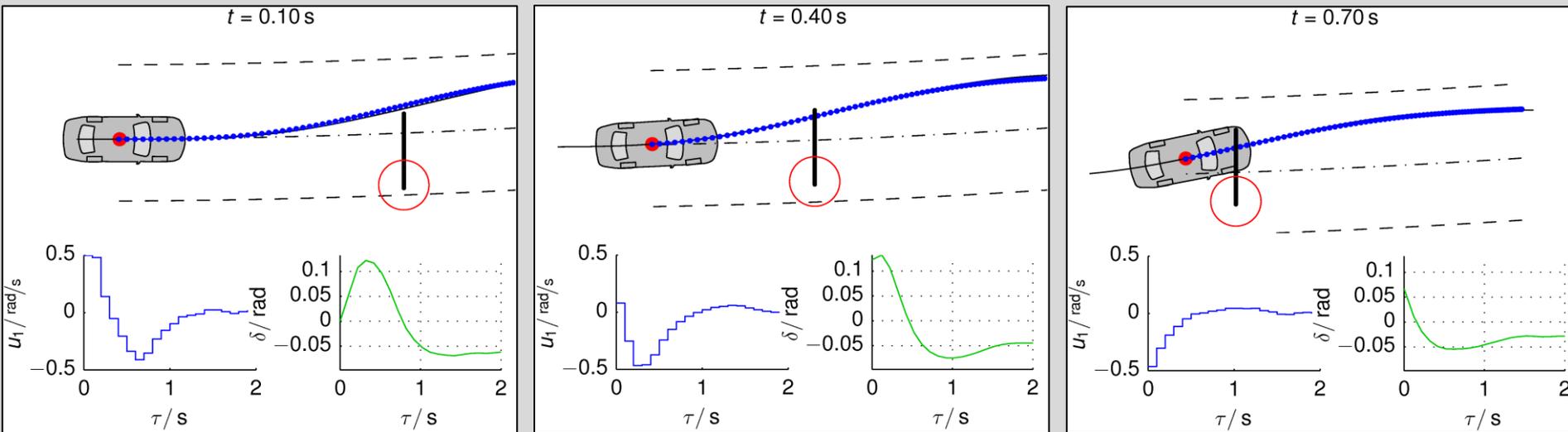
$$\dot{\delta} \in [\dot{\delta}_{\min}, \dot{\delta}_{\max}]$$

$$\delta \in [\delta_{\min}, \delta_{\max}]$$

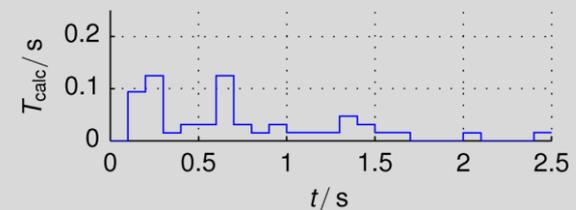
$$a_n \in [a_{n, \min}, a_{n, \max}]$$

$$d_r \in [d_{r, \min}, d_{r, \max}]$$

ONLINE-OPTIMIERUNG MITTELS NICHTLINEARER MODELLPRÄDIKTIVER REGELUNG.



- Online-Optimierung mittels Sequenzieller Quadratischer Programmierung
- $\sim 10\text{ Hz}$ Neuplanungsfrequenz

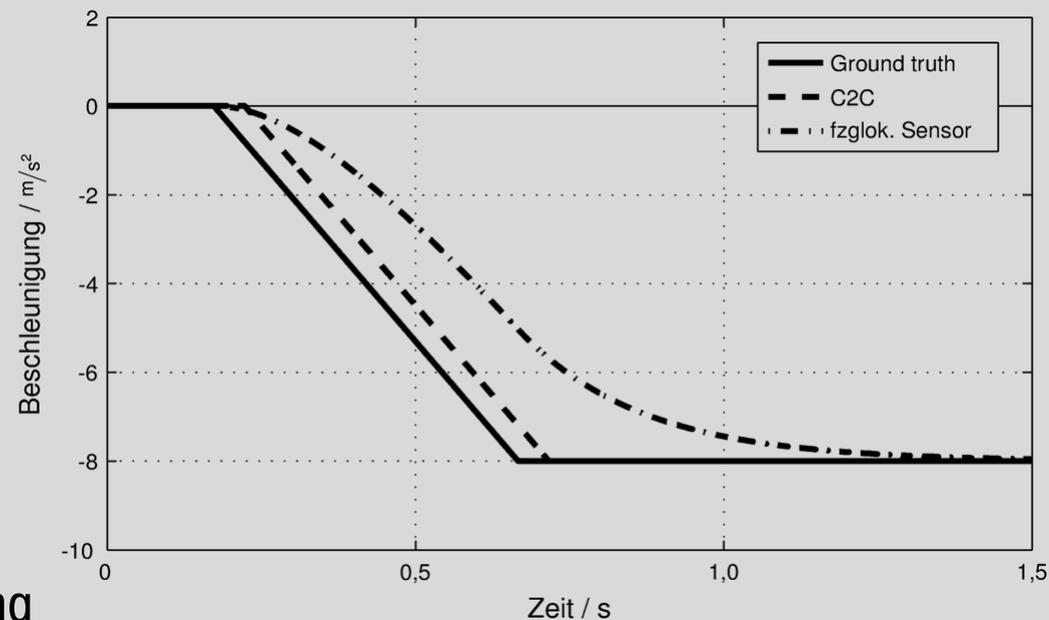


ÜBERNAHME DER REAL ERMITTELTEN LATENZEN IN DIE SIMULATIONSUMGEBUNG.

Um die Unterschiede zwischen Vernetzungstechnologie und fahrzeuglokaler Sensorik auch simulativ zu untersuchen, wird die **im Realversuch ermittelte** Übertragungsfunktion für die Verzögerung des Fremdfahrzeugs modelliert.

Sensormodelle:

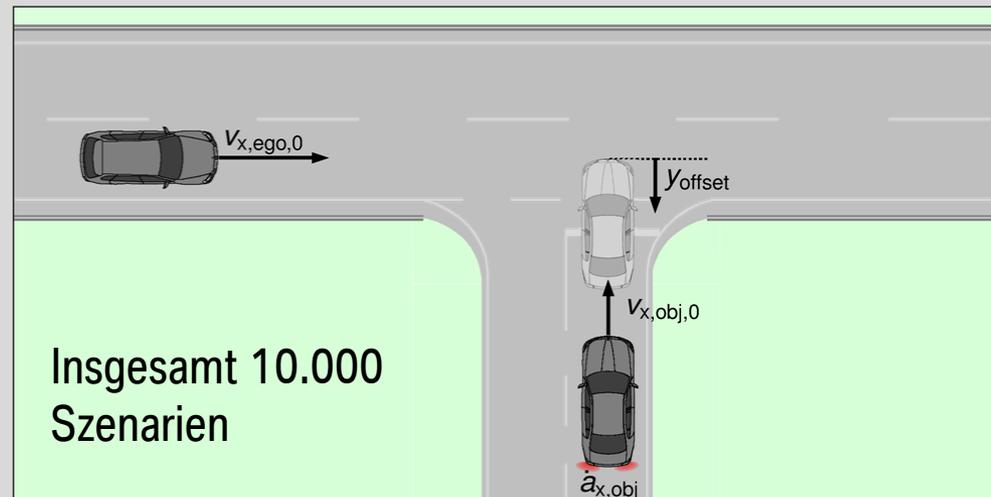
- Vernetzung/ C2C:
Totzeitglied von 50 ms
- Fahrzeuglokaler Sensor:
PT₁-Glied mit
Zeitkonstante von 200 ms
- Latenzfreie Positions-
und Geschwindigkeitsmessung



UNTERSUCHUNG ERFOLGT MITTELS MONTE-CARLO-SIMULATION.

Gleichverteilt variiert werden:

- Ausgangsgeschwindigkeit des Egofahrzeugs $v_{x,ego,0}$
- Ausgangsgeschwindigkeit des Fremdfahrzeugs $v_{x,obj,0}$
- Bremsgradient des Fremdfahrzeugs $\dot{a}_{x,obj}$
- End-Offset zur Spurmitte y_{offset}



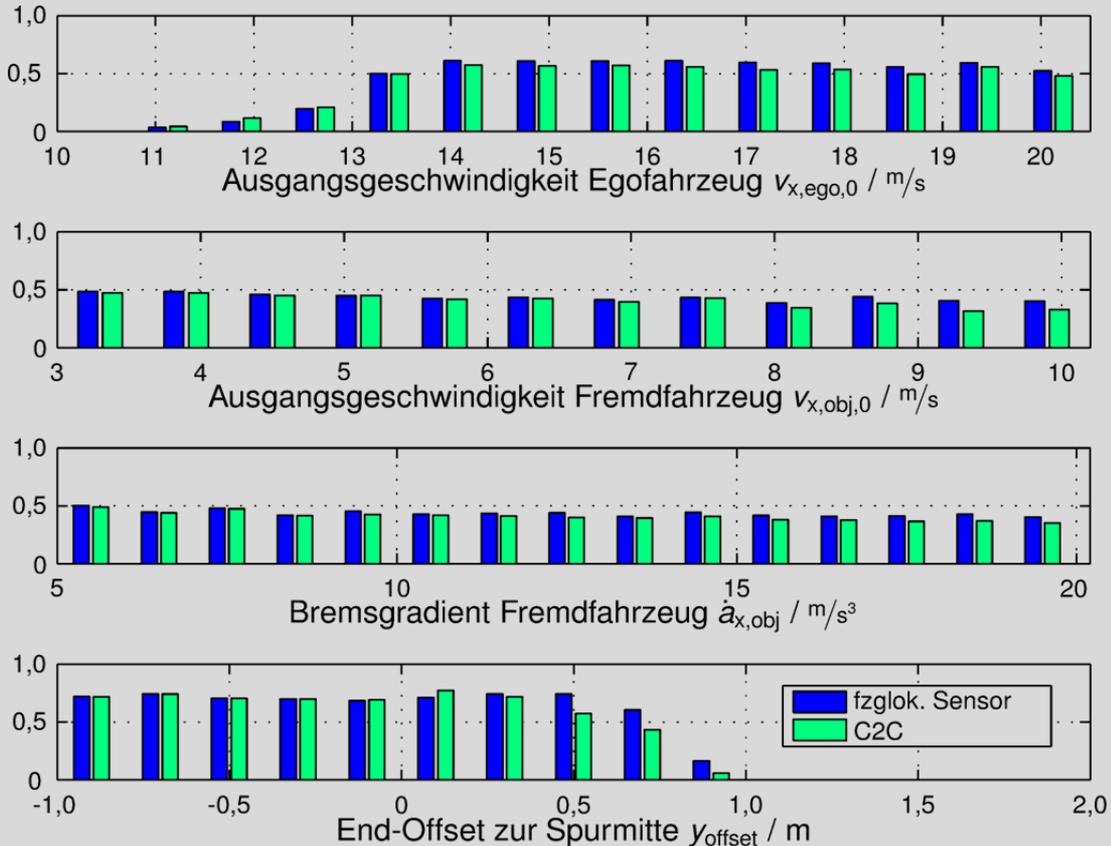
Ausgewertet werden die Anzahl aufgetretener

- **Kollisionen** (es findet eine Berührung zwischen den beiden Fahrzeugen statt) und
- **Falschauslösungen** (ohne Auslösung wäre es nicht zur Kollision gekommen).

ANZAHL DER KOLLISIONEN LÄSST SICH MIT VERNETZUNGSTECHNOLOGIEN REDUZIEREN.

Relative Häufigkeit der aufgetretenen **Kollisionen** in Abhängigkeit der variierten Parameter zeigt:

Verwendung von C2C reduziert die Anzahl von Kollisionen v.a. bei hohen Geschwindigkeiten und starken Bremsungen.

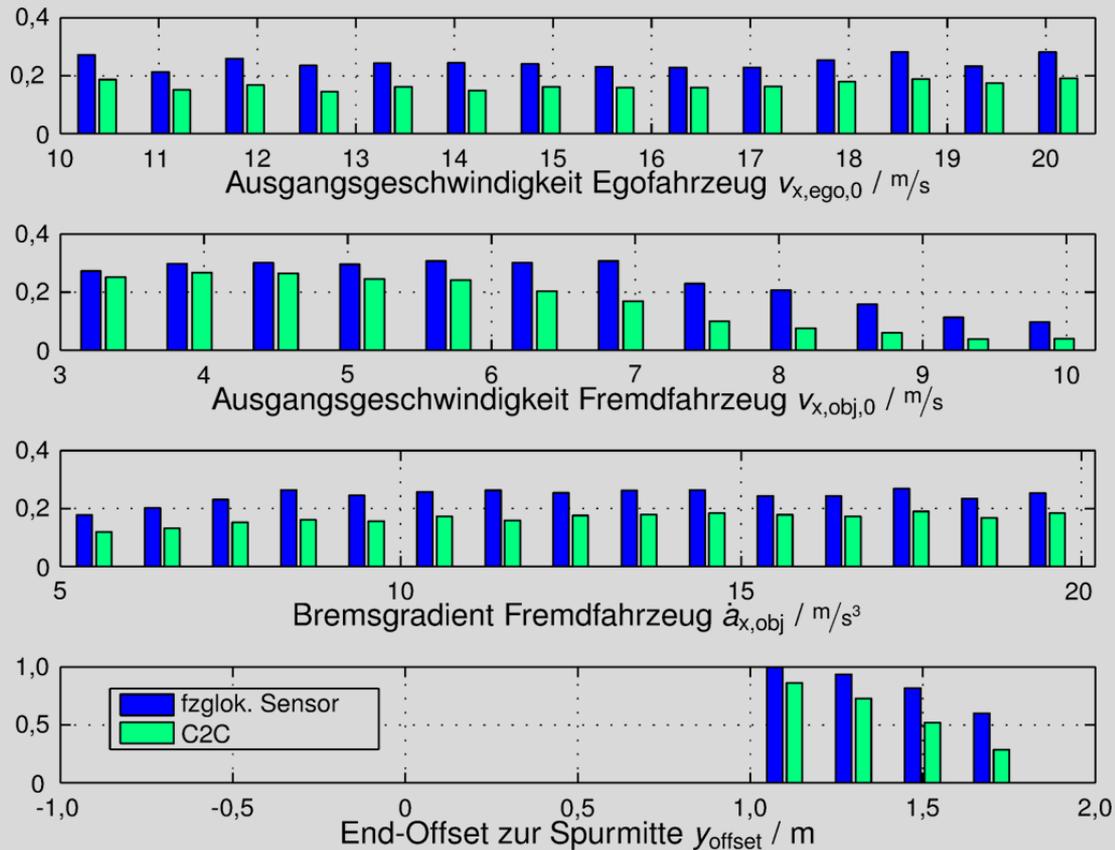


	Fahrzeuglokaler Sensor	Vernetzungstechnologie
Anzahl Kollisionen	4343	4075

ANZAHL DER FALSCHAUSLÖSUNGEN LÄSST SICH MIT VERNETZUNGSTECHNOLOGIEN REDUZIEREN.

Relative Häufigkeit der aufgetretenen **Falschauslösungen** in Abhängigkeit der variierten Parameter zeigt:

Verwendung von C2C reduziert die Anzahl von Falschauslösungen über den ganzen Parameterbereich!



	Fahrzeuglokaler Sensor	Vernetzungstechnologie
Anzahl Falschauslösungen	2440	1654

VERNETZUNGSTECHNOLOGIEN HABEN HOHES POTENTIAL.

Die sensorunspezifische Implementierung und die zufällig gewählten Szenarien legen eine Übertragbarkeit auf den realen Straßenverkehr nahe:

- In Situationen mit hoher Dynamik ist mithilfe von Vernetzungstechnologien eine **schnellere und präzisere Prädiktion** der Verkehrssituation möglich. Dies ermöglicht eine bedarfsgerechte Auslösung aktiver Fahrerassistenzsysteme.
- Im Längsverkehr ergibt sich ein Zeitvorteil bei der Auslösung eines Gefahrenbremssystems von bis zu 350 ms.
- Im Querverkehr ermöglicht C2C einer Brems-/ Ausweichassistenz auf Basis der untersuchten Szenarien eine Reduktion von **Kollisionen** um **6%** und von **Falschauslösungen** um **32%**.

Zukünftige C2C-Potentialanalysen werden weitere Übertragungsdaten wie die Fahrzeuggierrate beleuchten.

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT.

