



Christian Domsch, 16.05.2012

LEISTUNGSSTEIGERUNG PRÄVENTIVER SCHUTZSYSTEME.

POTENTIAL FÜR DIE WEITERE LEISTUNGSSTEIGERUNG PRÄVENTIVER SCHUTZSYSTEME AM BEISPIEL DES PRÄVENTIVEN FUßGÄNGERSCHUTZES.

**BMW
GROUP**

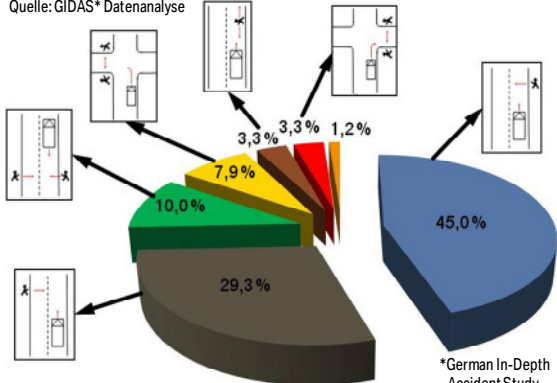


ÜBERSICHT.

- Grundlagen des präventiven Fußgängerschutzes
- Auslegungsgrenzen präventiver Fußgängerschutzsysteme
- Erhöhung der Wirksamkeit präventiver Fußgängerschutzsysteme
- Bewertung präventiver Schutzsysteme
- Zusammenfassung

GRUNDLAGEN DES PRÄVENTIVEN FUßGÄNGERSCHUTZES.

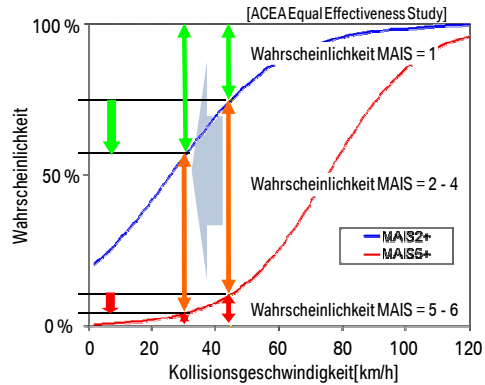
Quelle: GIDAS* Datenanalyse



- Fahrzeug fährt geradeaus, Fußgänger kreuzt von rechts
- Fahrzeug fährt geradeaus, Fußgänger kreuzt von links
- Fahrzeug fährt rückwärts
- Fahrzeug biegt links ab
- Fahrzeug fährt geradeaus, Fußgänger in gleicher Bewegungsrichtung
- Fahrzeug biegt rechts ab
- Sonstige

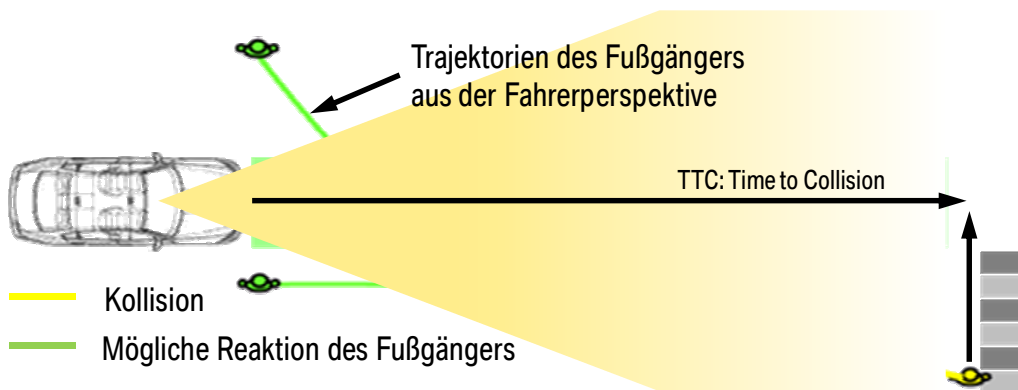
Relevanter Use Case:
Fahrzeug fährt geradeaus, Fußgänger kreuzt

*German In-Depth Accident Study



- Reduktion der Aufprallgeschwindigkeit verringert das Risiko schwerer Verletzungen.
- Im Idealfall wird eine Kollision vollständig vermieden.

RANDBEDINGUNGEN FÜR DEN PRÄVENTIVEN FUßGÄNGERSCHUTZ IM KREUZEN-SZENARIO.



- Geeignete Sensoren müssen einen Fußgänger erkennen und im idealen Fall seine Bewegung präzisieren können
- Bei Kollisionsgefahr erfolgt eine Warnung an den Fahrer oder / und eine automatische Notbremsung des Fahrzeugs
- Die Entscheidung für eine automatische Notbremsung kann dabei erst sehr spät getroffen werden

AUSLEGUNGSBEDINGUNGEN PRÄVENTIVER SYSTEME. DER FUßGÄNGER HAT NAHEZU KEINEN „BREMSWEG“.

- Szenario:** – Fußgänger läuft zügig (6 km/h) an den Überweg heran und bleibt stehen.
– Fahrzeug nähert sich mit 50 km/h.



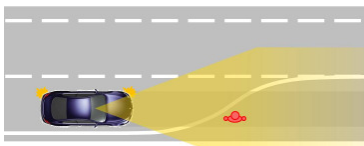
- Würde der Fußgänger nicht stoppen, so müsste das Fahrzeug bei einem Abstand von etwa 13 m eine Vollverzögerung einleiten, um eine Kollision sicher zu vermeiden.
- Dabei ist der Fußgänger noch mehr als 1,5 m vom Fahrzeug entfernt und kann jederzeit seine Bewegung stoppen.



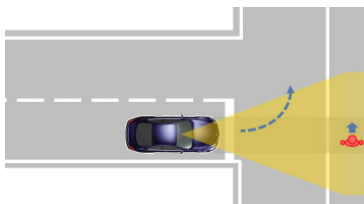
Eine automatische Notbremsung zu diesem Zeitpunkt wäre in vielen Fällen ungerechtfertigt!

AUSLEGUNGSBEDINGUNGEN PRÄVENTIVER SYSTEME. FALSCHBREMSSZENARIOEN SIND ZU VERMEIDEN.

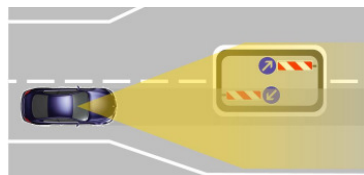
Beispiele für Szenarien, die zu Falschauslösungen führen können:



- Fußgänger steht am Ende eines Beschleunigungsstreifens im prädizierten Fahrschlauch.



- Fußgänger steht beim Einbiegen in eine enge Straße auf der gegenüberliegenden Straßenseite im prädizierten Fahrschlauch.



- Fußgänger steht auf einer Verkehrsinsel im prädizierten Fahrschlauch.

ANSÄTZE FÜR DIE ERHÖHUNG DER WIRKSAMKEIT PRÄVENTIVER FUßGÄNGERSCHUTZSYSTEME.

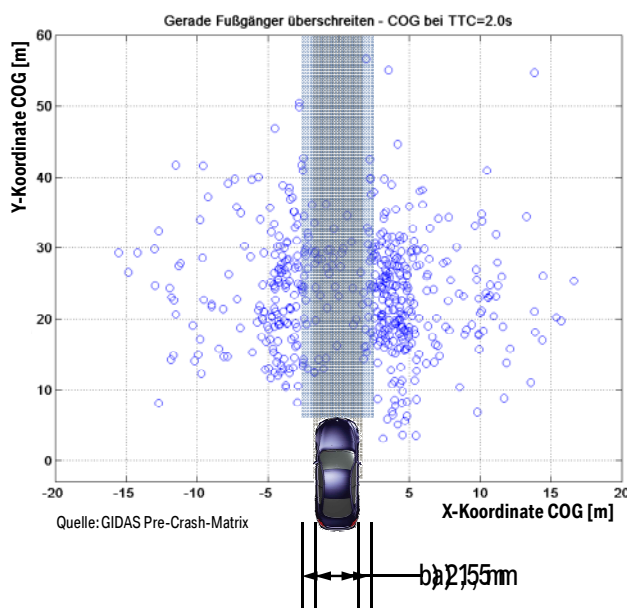
Erweiterung der durch das System adressierbaren Szenarien:

- Die Auslegung deckt das Unfallgeschehen an der Fahrzeugfront weitgehend ab
- Verbesserung der Nacht- und Schlechtwetterperformance

Verbesserung der Systemeigenschaften:

- Verbesserung der Bewegungsprädiktion der eingesetzten Sensoren
- Erweiterung der Möglichkeiten einer frühzeitigen Erkennung in verdeckten Situationen
- Bessere Unterstützung der Systemreaktion bei der automatischen und durch den Fahrergetriggerten Notbremsung durch Optimierung aller Fahrzeugkomponenten

VERBESSERUNG DER BEWEGUNGSPRÄDIKTION. AUFWEITUNG DER WARN- UND BREMSBEREICHE.



Beispiel*:

- keine Bewegungsprädiktion
→ Notbremsung beginnt erst im Fahrschlauch
 $TTC = 0,68 \text{ s} \rightarrow V_{\text{imp}} = 15,5 \text{ km/h}$
- Gute Bewegungsprädiktion
→ Notbremsung beginnt in erweitertem Bremsbereich
 $TTC = 1,1 \text{ s} \rightarrow V_{\text{imp}} = 0 \text{ km/h}$

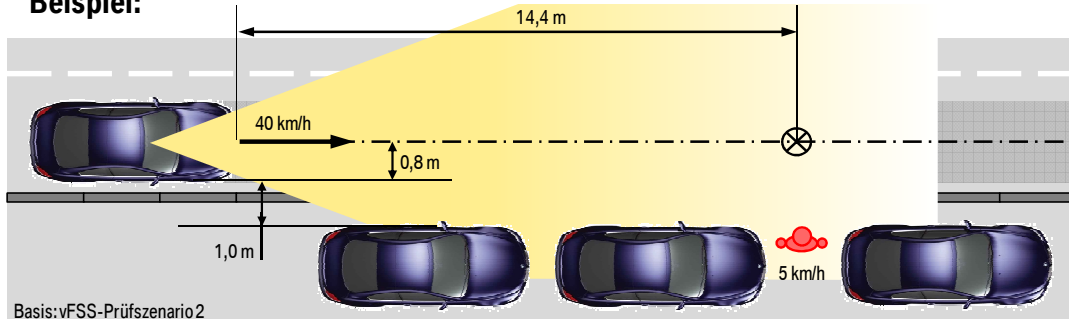
*Fzg.: 40 km/h, FG: 4 km/h

Aber:

- Bewegungsprädiktion durch Dynamik des Fußgängers limitiert
- Bremspunkt kann nicht beliebig weit nach vorne verlegt werden

FRÜHZEITIGE ERKENNUNG VERDECKTER FUBGÄNGER. KLASSISCHE SENSORTECHNIK ERREICHT GRENZEN.

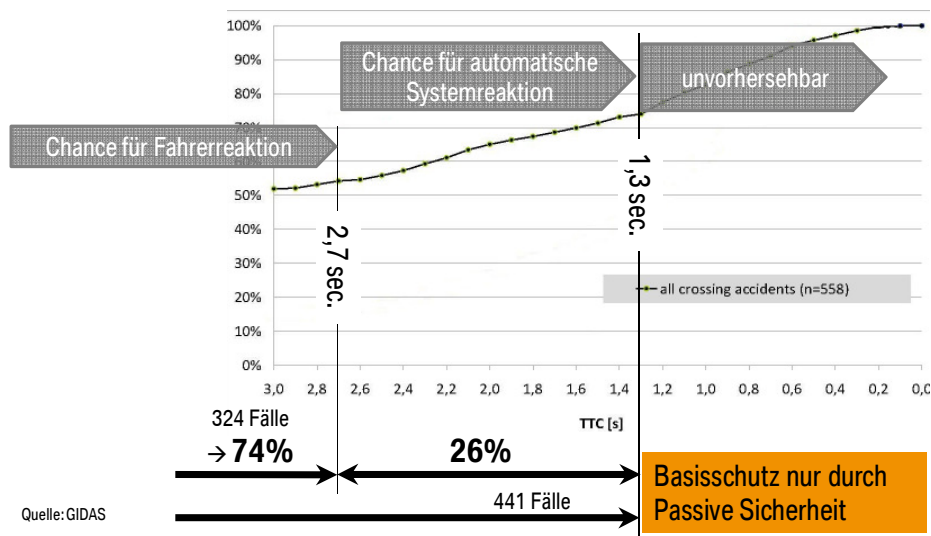
Beispiel:



- Im dargestellten Szenario ist der Fußgänger erstmalig 1,3 s vor dem Aufprall sichtbar
- Eine rechtzeitige Fahrerwarnung ist nicht mehr möglich
- Automatische Bremsreaktion vermeidet den Unfall nicht sicher
- Bei weiter verkürztem Abstand bei erstmaliger Erkennung des Fußgängers kann kein wirksamer Geschwindigkeitsabbau mehr realisiert werden.

FRÜHZEITIGE ERKENNUNG VERDECKTER FUBGÄNGER. SICHTBARKEIT DER FUBGÄNGER VOR DEM UNFALL.

Kumulative Verteilung der Time to Collision bei erstmaliger Sichtbarkeit des Fußgängers.

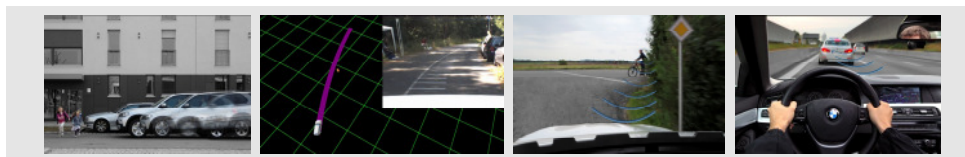


FRÜHZEITIGE ERKENNUNG VERDECKTER FUBGÄNGER MIT HILFE KOMMUNIKATIONSBASIERTER SYSTEME.

- Die Erkennungseinheit lokalisiert kooperative Transponder selbst bei verdeckter Sicht.



- Transponder können für Verkehrsteilnehmer, Fahrzeuge und als Landmarke genutzt werden



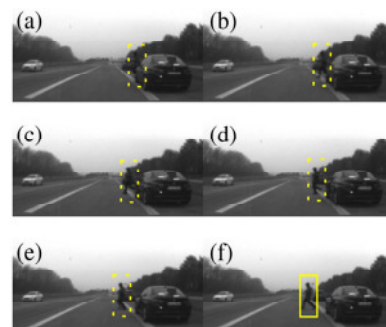
- Die Kommunikationsverbindung liefert eine Klassifikation und die Objektparameter
- Lokalisierung und Kommunikation bei 5.9GHz

FORSCHUNGSPROJEKT KO-TAG. HOHE EFFEKTIVITÄT DER WARNUNG.

Simulationsaufbau:

- Fußgänger tritt aus einer Verdeckung von rechts auf die Fahrbahn
- Der Fahrer erhält eine Warnung und reagiert nach 1 Sekunde
- Automatische Notbremsung (AEB) erfolgt, wenn der Unfall unvermeidbar ist

Quelle: BMW Forschung und Technik



Durchschnittliche Geschwindigkeitsreduktion [%] im verdeckten Szenario

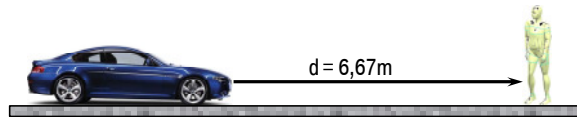
Geschwindigkeit des Fußgängers	Multi-Sensor System		Kooperative Sensoren	
	AEB	Warnung + Bremsassist.	AEB	Warnung + Bremsassist.
1,4 m/s	46,9	57,7	46,0	87,4
2,5 m/s	21,7	21,7	20,8	82,0

BESSERE WIRKSAMKEIT DURCH OPTIMIERUNG DER FAHRZEUGREAKTION.

Eine „Schnelle“ Bremse ermöglicht höheren Geschwindigkeitsabbau.

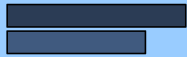

Rechenbeispiel:

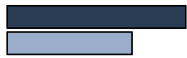
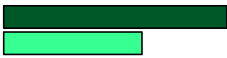
- Ausgangsgeschwindigkeit 40 km/h
- TTC bei Aktivierung ist 600 ms


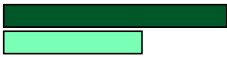


Schwellzeit bis zur Vollverzögerung:


Maximal gemessene Bremschwellzeiten:

780 ms  $\Delta V = 8,7 \text{ km/h}$  $\Delta E_{\text{Kin}} = -38 \%$

600 ms  $\Delta V = 11,9 \text{ km/h}$  $\Delta E_{\text{Kin}} = -50 \%$

400 ms  $\Delta V = 16,5 \text{ km/h}$  $\Delta E_{\text{Kin}} = -65 \%$

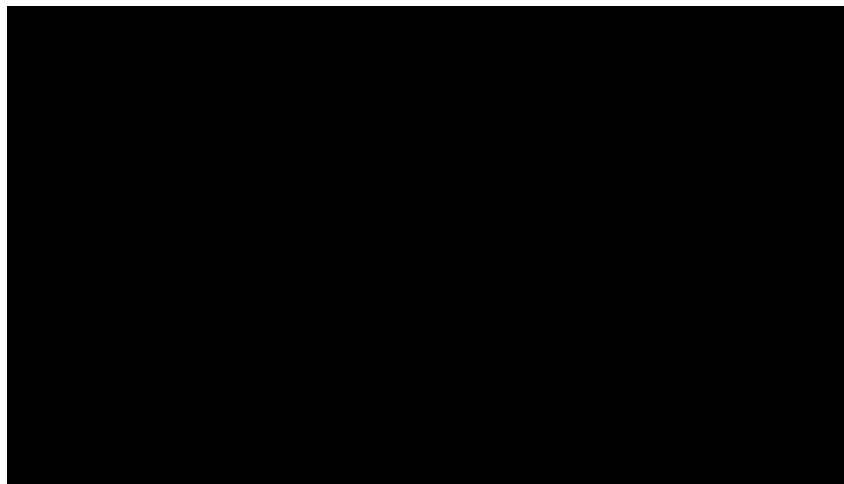
Angestrebte Schwellzeit für zukünftige Bremssysteme:

150 ms  $\Delta V = 24,6 \text{ km/h}$  $\Delta E_{\text{Kin}} = -85 \%$

BESSERE WIRKSAMKEIT DURCH OPTIMIERUNG DER FAHRZEUGREAKTION.

Gegenüberstellung unterschiedlicher Bremssysteme:

- Schwarzes Fahrzeug: einfaches Bremssystem, keine Beachtung von Systemlatenzen
- Graues Fahrzeug: optimiertes Bremssystem, Systemlatenzen minimiert

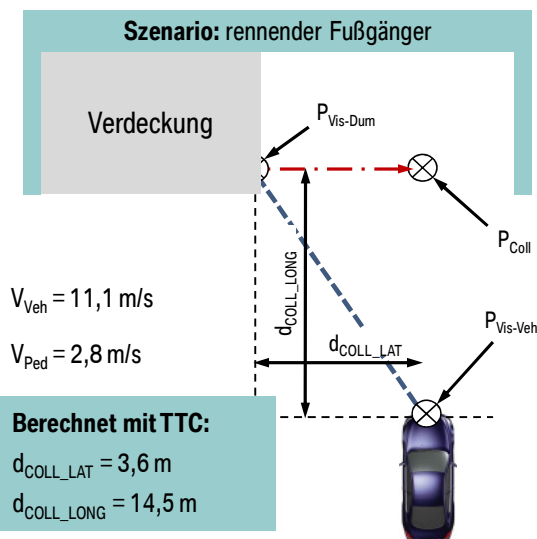


BEWERTUNG PRÄVENTIVER SCHUTZSYSTEME AUF BASIS DER FELDEFFEKTIVITÄT.

- In naher Zukunft erfolgt eine **Bewertung** Integraler Sicherheitssysteme auch in Verbraucherschutzratings.
- Die Entwicklung und Bewertung Integraler Sicherheitssysteme **muss** an der **Feldeffektivität** orientiert sein.
- Für die Entwicklung und Bewertung integraler Sicherheitssysteme ermöglichen virtuelle Methoden die **Prognose der Feldeffektivität**.
- Durch **stochastische Variation** der Unfallszenarien und Fahrerreaktionen kann das Unfallspektrum in den Simulationsmodellen abgebildet werden.
- Eine durchgängige Simulationskette ermöglicht die Bewertung vernetzter Systeme der Aktiven und Passiven Sicherheit anhand der **Verletzungsschwere**.

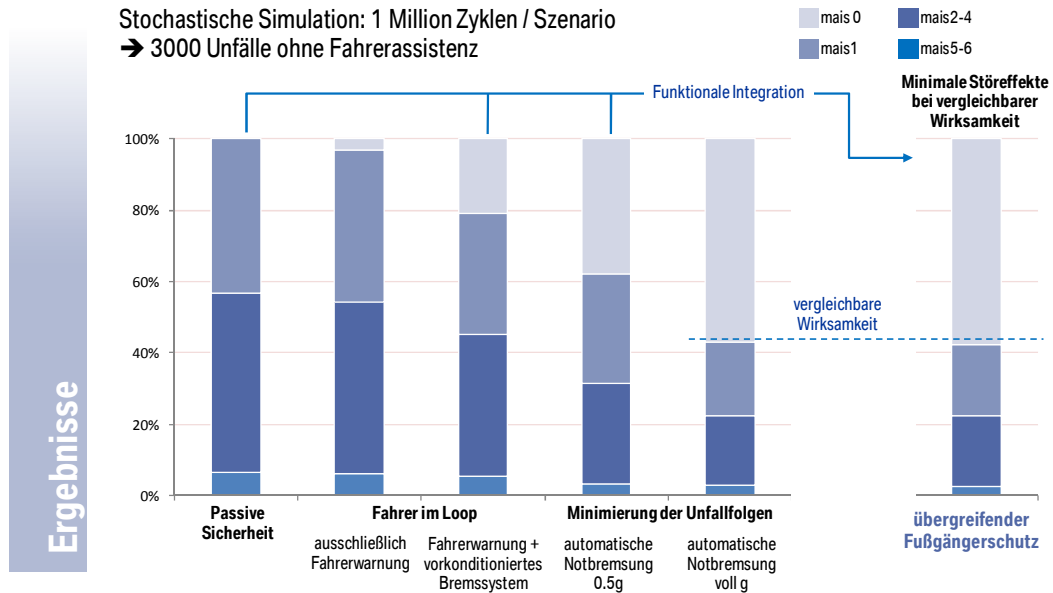
NACHWEIS DER WIRKSAMKEIT IM VERSUCH. NACHBILDUNG DES TYPISCHEN UNFALLSZENARIOS.

Beispiel: Sichtbarkeit des Fußgängers bei $TTC = 1300$ ms

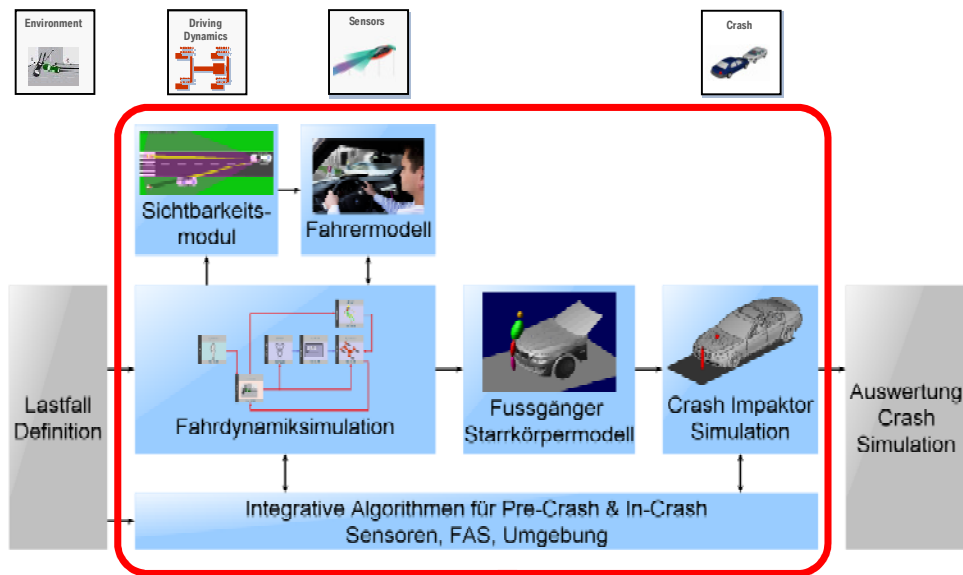


- Prüfstandstests eignen sich sehr gut für die Systementwicklung
- Werden diese Tests zur Bewertung, z.B. in einem Rating herangezogen, muss die Korrelation zum realen Unfallgeschehen beachtet werden (z.B. Szenarien für warnende Systeme)
- Prüfstandstests für Ratings dürfen nicht dazu führen, dass Systeme nur auf das Testverfahren hin entwickelt werden
- Besser : Tests nur zur Validierung simulativer Bewertungsverfahren

STOCHASTISCHE EFFEKTIVITÄTSPROGNOSEN. POTENTIAL PRÄVENTIVER FUßGÄNGERSCHUTZ.



VERNETZUNG UNTERSCHIEDLICHER MODELLE ZUR SIMULATION INTEGRALER SCHUTZSYSTEME.



ZUSAMMENFASSUNG

- Systeme für den präventiven Fußgängerschutz können bereits in der ersten Generation einen großen Beitrag zum Schutz schwacher Verkehrsteilnehmer leisten.
- Die Weiterentwicklung der Systeme darf sich nicht nur auf die automatische Notbremsung beschränken.
- Insbesondere die Information / Warnung des Fahrers verspricht eine große Effektivität im realen Verkehr.
- Rating- und Bewertungsmethoden müssen eine Weiterentwicklung der Systeme im Hinblick auf die Effektivität im Feld unterstützen.
- Simulationsmethoden , die in geeigneter Weise die Effektivität der Systeme im Feld darstellen, sind zu entwickeln.