

Bestimmung von atypischen und kritischen Situationen

Motivation

Um die Anzahl der Verkehrstoten und Schwerverletzten zu halbieren, müssen

- Unfälle und deren Ursachen besser verstanden,
- die technischen Möglichkeiten zur Erfassung von Verkehrssituationen eingesetzt,
- Unfälle und Beinaheunfälle automatisch erfasst und damit Verkehrssicherheit messbar und bewertbar gemacht werden

Im Projekt OptiSiLK wurde die Basis gelegt, um Verkehrssituationen erfassen und hinsichtlich Gefährlichkeit und Atypik bewerten zu können.

Bestimmung kritischer Situationen

Kritische Situationen können durch räumlich-zeitliche Nähe interagierender Verkehrsteilnehmer charakterisiert werden. Konfliktkenngrößen, die kritische Situationen bemessen, sind z.B.

- Time to Collision (TTC)
- Deceleration to avoid the Crash (DRAC)
- Kollisionswahrscheinlichkeit $P(\text{Kollision})$
- Deceleration to avoid the Crash on Brake (DRAC2)

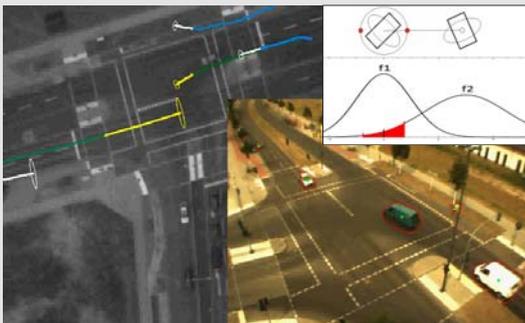


Abb. 1. Prinzip der Bestimmung von Kritikalität (Beispiel, TTC & DRAC (unten), $P(\text{Kollision})$ (oben)) zur Kollisionsvorhersage.

Bestimmung atypischer Situationen

Atypische Situationen werden charakterisiert durch Abweichung von der Normalität. Sie sind unkritisch, können sich aber zu einer kritischen Situation entwickeln.

Zur Bestimmung von Atypik wurden zwei Verfahren entwickelt und miteinander verglichen:

- Neuronales Netz in Form einer Self Organising Feature Map (SOFM)

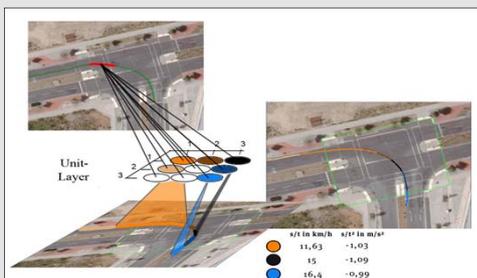


Abb. 2. Abbildung der Trajektoriencharakteristik auf Neuronen der SOFM

Zweites Verfahren:

- Wahrscheinlichkeitsdichtekarte (PDMap – Probability Density Map)

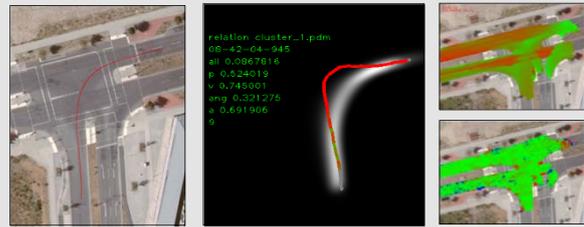


Abb. 3. Beispiele für atypische Situationen: Kreuzungssituation (links), Objektfahrt (Mitte), Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen von Geschwindigkeiten (rechts oben) und Beschleunigungen (rechts unten).

Ergebnisse

- Kritische Situationen treten vor allem hinter und auf dem Bahnübergang auf
- Folgende atypische Situationen konnten klassifiziert werden:
 - Starkes Bremsen und Beschleunigen
 - Anhalten
 - Überholen

		Kritische Situationen am Forschungsbahnübergang			
		8 m vor BÜ	auf dem BÜ	7 m hinter BÜ	
Mittlere TTC	Ri. Braunschweig	10,6 s (4,1 s)	9,8 s (4,1 s)	9,2 s (4,3 s)	
	Ri. Wenden	8,6 s (4,5 s)	6,1 s (5,7 s)	7,0 s (5,4 s)	
Häufigkeit TTC<0,5s	Ri. Braunschweig	42 / d	42 / d	51 / d	
	Ri. Wenden	63 / d	131 / d	99 / d	
Mittlere DRAC	Ri. Braunschweig	0,006 m/s ² (0,117 m/s ²)	0,010 m/s ² (0,102 m/s ²)	0,011 m/s ² (0,095 m/s ²)	
	Ri. Wenden	0,009 m/s ² (0,117 m/s ²)	0,016 m/s ² (0,082 m/s ²)	0,016 m/s ² (0,117 m/s ²)	
Häufigkeit DRAC>4m/s ²	Ri. Braunschweig	3 / d	9 / d	14 / d	
	Ri. Wenden	3 / d	4 / d	5 / d	

Tab. 1. Kritische Situationen unmittelbar vor, auf und hinter dem Forschungsbahnübergang in Bienrode.

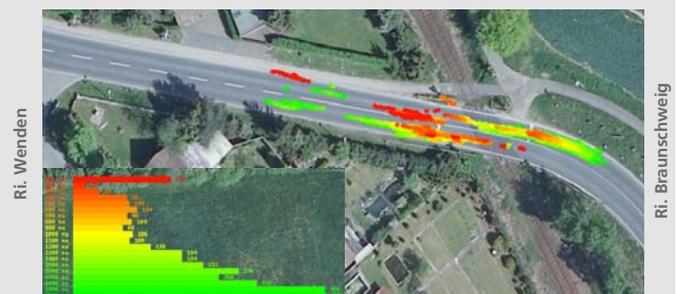


Abb. 4. Kritische Situationen am Forschungsbahnübergang in Bienrode.

Ausblick

- Beantwortung der Korrelation von Unfall-, Konfliktkenngrößen und Verkehrsbeteiligungsart
- Identifikation von Mängeln und Ableitung geeigneter Maßnahmen
- Entwicklung und Verknüpfung geeigneter Kritikalitätsmetriken

Marek Junghans, Andreas Leich, Karsten Kozempel, Hagen Saul

Erkennung und Verfolgung von Objekten in weiträumigen Verkehrsszenen

Motivation

Um mögliche Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit von Unfällen und kritischen Situationen untersuchen zu können, bedarf es einer vollautomatischen Erfassung des Verkehrsgeschehens. Bisher stellt das eine ungelöste Herausforderung dar, da nahe hintereinander fahrende und sich dabei stark verdeckende Verkehrsteilnehmer optisch miteinander verschmelzen.

Im Projekt OptiSiLK sollte eine Lösung gefunden werden.

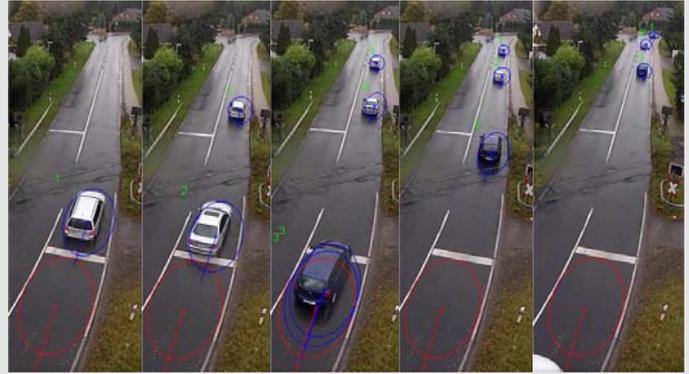


Abb. 1. Detektion (rote Ellipse) und Verfolgung (blaue Ellipsen) von Fahrzeugen in einem weiträumigen Straßenabschnitt am Forschungsbahnübergang

Lösungsansatz robuste Regression

Bei der regressionsbasierten Bewegungsbestimmung wird eine Videosequenz in eine Kostenfunktion transformiert, deren Minima Bewegungshypothesen kennzeichnen, die von besonders vielen Pixeln im Bild gestützt werden.

Wird dies für einen Bildbereich, in dem sich ein Fahrzeug befindet, durchgeführt (Abb. 1), so kennzeichnet das globale Minimum i.d.R. die Bewegung des Fahrzeuges.

Gelingt es, dieses Minimum zu verfolgen (Abb. 2), obwohl eine große Zahl von Pixeln (Abb. 3) nicht zu diesem Minimum gehört, so ist das Verdeckungsproblem gelöst.

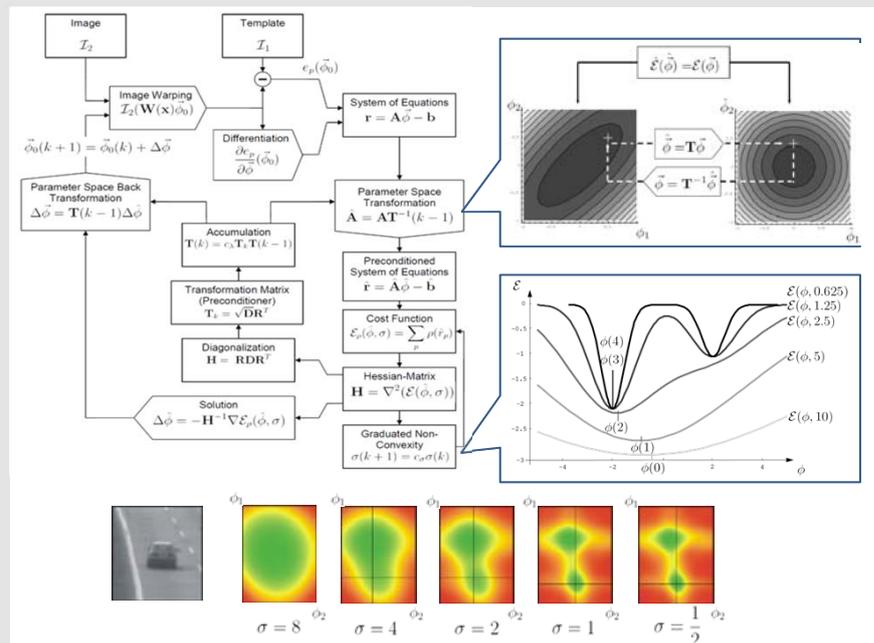


Abb. 2. Erweiterter Algorithmus zur Identifikation der Bewegungsparameter bewegter Objekte (unten) im Straßenverkehr in Blockdarstellung (links oben) und Veranschaulichung der zugrundeliegenden Verfahrensschritte Präkonditionierung (rechts oben) und Graduated Non-Convexity (links Mitte).

Ergebnisse

- Verknüpfung der weiträumigen Bewegungsbestimmung mit einem Verfahren der Mustererkennung, das bis zu 90% Verdeckung toleriert.
- Realisierung des Trackings von Verkehrsteilnehmern über bis zu 120 m (vgl. 80 m mit einem Stand-der-Technik-Verfahren am Forschungsbahnübergang).
- Tracking der Verkehrsteilnehmer mit GNC und ohne stochastische Filter
- Auswertung der Trajektorien mit neuartigen Ansätzen zur Erkennung von kritischen und atypischen Situationen

Outliers Ratio [%]	Success Rate (d _{noise} =4)
50%	100%
55%	100%
60%	100%
65%	100%
70%	99%
75%	99%
80%	97%
85%	94%
90%	83%
95%	59%

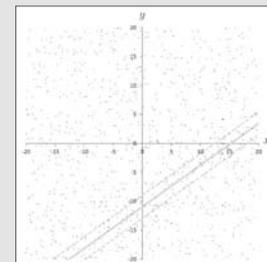


Abb. 3: links: Erfolgsquote der Bewegungsbestimmung in Abhängigkeit vom Anteil der Ausreißer in synthetisch erzeugten Testdatensätzen; rechts: Beispiel eines stark verrauschten Testdatensatzes ($\sigma_{\text{noise}} = 3$) mit 90% Ausreißern.

Ausblick

- Erweiterung des Verfahrens für den Einsatz an der Forschungskreuzung
- Dauertest und Evaluation des Verfahrens

Entwicklung von Assistenzkonzepten und Human-Machine-Interfaces für urbane Straßenkreuzungen

Ausgangssituation

- Komplexe Kreuzungsszenarien können hohe Anforderungen an den Autofahrer stellen.
- Optimale fahrzeugeitige Assistenz kann den Autofahrer unterstützen.



Konfliktfläche im Kreuzungsbereich



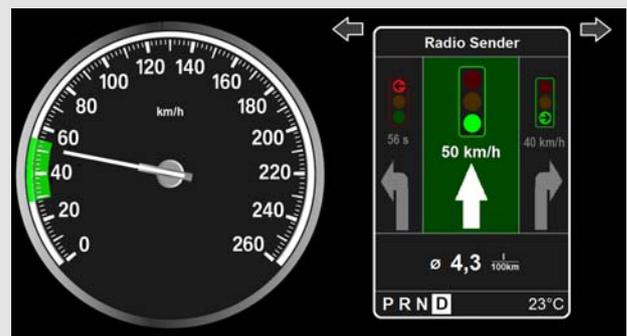
Draufsicht auf AIM-Forschungskreuzung

- Für die Unterstützung des Autofahrers muss ein Assistenz- und HMI-Konzept entwickelt werden, das verschiedene Fahrzenarien abdeckt.
- Diese Szenarien beziehen sich sowohl auf den Annäherungsprozess, das Links- und Rechtsabbiegen als auch die Querung der Kreuzung.

Assistenz- und HMI-Konzept



Kombi-HMI: Unterstützung beim Linksabbiegen

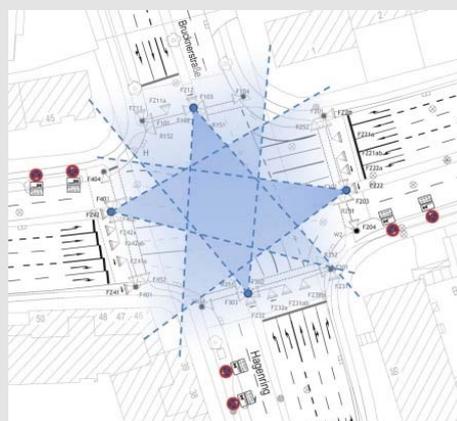


Kombi-HMI: Unterstützung beim Annäherungsprozess

AIM – Infrastruktur an Forschungskreuzung



SENV-System zur Erfassung der Fußgängerfurt



MSS-System zur Erfassung motorisierter Objekte

Die Kombination aus Fahrzeugsensoren und infrastrukturseitiger Erfassung verschiedener Verkehrsteilnehmer stellt die Grundlage für die Entwicklung kooperativer Fahrerassistenzsysteme (FAS) und Automation dar.

Räumliches Situationsbewusstsein und Leistungsvermögen in Abbiegesituationen

Motivation

- Kreuzungen verschiedener Verkehre zeichnen sich durch eine besonders hohe Komplexität aus und besitzen deshalb ein substantielles Gefahrenpotential für die Sicherheit der verschiedenen Verkehrsteilnehmer (vgl. z.B. Fastenmeier, 1995, Werneke & Vollrath 2012).
- Existierende Theorien und Modelle zur Fahrerkognition, bilden die Informationsverarbeitungsprozesse von Autofahrern für Kreuzungssituationen nur unzureichend ab (vgl. Drewitz et. al. 2013). Im Mittelpunkt etablierter Modelle steht die Längs- und Querverführung basierend auf 2-dimensionalen Repräsentationen:

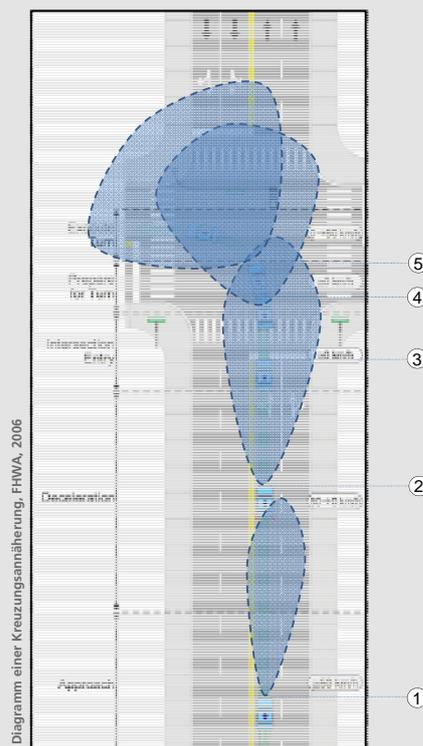


Fahrermodell, Salvucci (2006), 2-Dimensionale Repräsentation

- Wesentliche Herausforderung von Kreuzungssituationen an den Autofahrer, ist aber die Erfassung der räumlichen Konfiguration der Kreuzung und das Tracking, (bewusstes Nachverfolgen) zahlreicher, anderer Verkehrsteilnehmer an verschiedenen Orten und mit verschiedenen Richtungsvektoren.
- Für die Bewältigung der Fahraufgabe müssen beide Arten von Informationen deshalb in einem räumlichen, mentalen Situationsmodell zusammengefasst werden. Dieses räumliche, mentale Modell ist die Grundlage für ein ausgeprägtes Situationsbewusstsein (Situation Awareness), für die Wahl des zu fahrenden Pfades und die Auswahl entsprechender Handlungen.

Experiment

- Zur Bestätigung dieser Annahmen und zur Bestimmung der Situationen bzw. Lokationen höchster Beanspruchung wurde ein *Dual-Task-Experiment* durchgeführt. Die Teilnehmer sahen in der Rolle eines Autofahrers Videoaufzeichnungen (in Ego-Perspektive) zu Kreuzungsannäherungen an der AIM-Forschungskreuzung, bis zum Erreichen der Stopplinie (Pkt. 1, 2 und 3) oder der Kreuzungsmitte (Pkt. 3, 4, und 5). An den gekennzeichneten Punkten 1 bis 5 gab es eine räumliche Tonaufgabe, mit einer von zwei Bedingungen:
- **leicht**: 1 Ton auf einem Kanal (L/R), Tastendruck entsprechend des Tonkanals (links vs. rechts)
- **schwer**: 2 Töne auf jeweils einem Kanal (L/R), Tastendruck entsprechend des Kanals des höheren Tons (links vs. rechts)

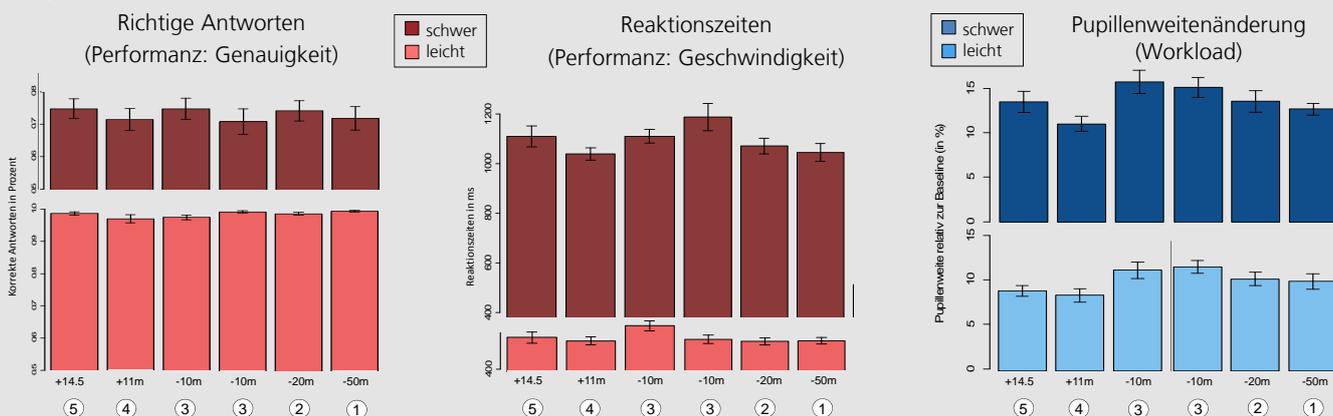


Wechselnde Anforderungen an die räumliche Aufmerksamkeit (blau) bei der Kreuzungsannäherung und -durchfahrt.



AIM-Forschungskreuzung

Ergebnisse



Die Zunahme des Workloads, einhergehend mit steigenden Reaktionszeiten bei Beanspruchung der räumlichen Informationsverarbeitung (schwere Dual-Task-Bedingung) stützen die Annahme, dass Kreuzungssituationen insbesondere die räumliche Informationsverarbeitung von Autofahrern beanspruchen. Die Messdaten geben dabei Hinweise darauf, in welchen Situationen (bzw. an welchen Ortspunkten) Autofahrer besondere Unterstützung erhalten sollten.

Art der räumlichen Repräsentation von Verkehrsteilnehmern an urbanen Straßenkreuzungen

Motivation

- Der Annäherungsprozess an urbane Straßenkreuzungen kann hohe Anforderungen an Autofahrer stellen.
- Bei unregelmäßigem Linksabbiegerverkehr an einer LSA müssen Autofahrer den entgegenkommenden Gegenverkehr, danach Fußgänger und Fahrradfahrer in der Fußgängerfurt berücksichtigen.
- Um Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern zu vermeiden, benötigen Autofahrer ein korrektes mentales Modell der gegenwärtigen Verkehrssituation.



Hohe Anforderungen im Kreuzungsbereich



AIM - Forschungskreuzung

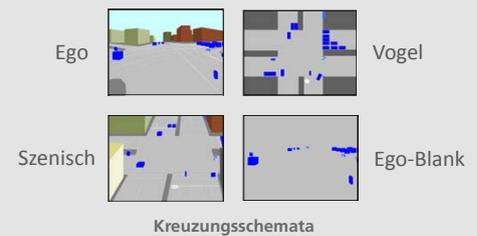
Räumliche Repräsentation

- Wesentlicher Bestandteil des mentalen Modells ist die räumliche Repräsentation der Verkehrsteilnehmer, die den Autofahrer umgeben.
- Diese werden als psychophysikalische Verkehrselemente im Raum wahrgenommen (Sylvan, 1919).

- Die Frage, die sich stellt ist, in welcher Art und Weise die psychophysikalischen Verkehrselemente räumlich repräsentiert werden?



Reaktionszeiten beim Abruf der Schemata



Kreuzungsschemata

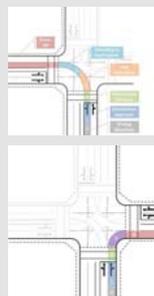
Experimente

- Die Ergebnisse des *Dual-Task-Experiment* legen nahe, dass die räumliche Repräsentation entsprechend der Ego-Perspektive im mentalen Modell des Autofahrers hinterlegt werden.
- Für Unterstützung des Fahrers sowie Entwicklung von Assistenz *Ego-Perspektive* berücksichtigen.
- Zusatzinformationen vernachlässigbar (*Ego-Blank*).

Weiterführung und Ausblick



Implementierung im dyn. Fahrsimulator und VR-Labor



Kreuzungsphasen



Adaptive Driver Assistance System

- Übertragung der Ergebnisse auf Fahrstudien im Simulator und Realverkehr.
- Entwicklung und Parametrisierung von ADAS.

Untersuchung zur Assoziationsstärke Bahnübergangsbezogener Vorfahrtssymbolik



Seit Jahren wird in Deutschland eine kontroverse Debatte um die Einführung einer Ergänzung des Andreaskreuzes um ein Stoppschild geführt. Eine Kombination, wie sie in anderen Ländern bereits zum Einsatz kommt.

Motivation

2010 starben in Deutschland 45 Menschen bei insgesamt 225 Unfällen an Bahnübergängen. Weitere 36 Menschen wurden schwer verletzt (Bundesregierung, 2012). Laut der Deutschen Bahn tragen in über 90 % der Fälle die Straßenverkehrsteilnehmer durch ihr Fehlverhalten die Schuld an diesen Zusammenprallen. Aus Unfallanalysen ist abzuleiten, dass Unkenntnis unter Verkehrsteilnehmern in Bezug auf die Verhaltensregeln an Bahnübergängen wesentlich zu diesen Ereignissen beiträgt. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Verhaltensassoziation in Bezug auf das Andreaskreuz für viele Straßenverkehrsteilnehmer nicht problemlos abrufbar ist und dadurch angemessene Verhaltensweisen (Verlangsamten, nach links und rechts schauen) nicht aktiviert werden. In anderen Ländern Europas wie u.a. Frankreich, Österreich oder Polen wird daher gerade an schwierig einsehbaren Bahnübergängen eine Kombination aus Andreaskreuz und Stoppschild eingesetzt, um die Verkehrsteilnehmer zu einer angemessenen Fahrweise zu animieren. Um einen ersten Eindruck der Wirksamkeit dieses Kombinationsschildes in Bezug auf das gewünschte Verhalten an Bahnübergängen zu erlangen, wurde das Kombinationsschild in dieser Studie dem Andreaskreuz und dem Stoppschild im Rahmen einer computerbasierten Wahlreaktionszeitaufgabe gegenübergestellt.



Methode

In einem Wahlreaktionszeitexperiment wurden die Regelkenntnis und die Assoziationsstärke einer Stichprobe von $n=57$ Versuchsteilnehmer in Bezug auf die drei Verkehrsschilder geprüft. Als unabhängige Variablen fungierten in diesem Versuch zum einen die Art des Schildes (*Andreaskreuz*, *Stoppschild*, *Kombinationsschild*) und zum anderen die Farbe der Schilder (*farbig*, *Graustufe*). Die Beurteilung jedes dieser drei Verkehrsschilder wurde anhand dreier Bedingungen anhand unabhängiger Fragestellungen durchgeführt:

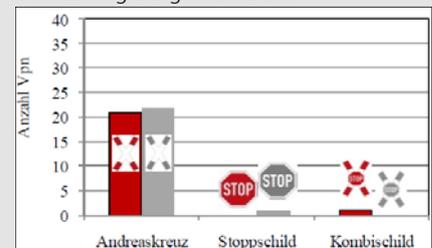
- 1) Hat das Schild etwas mit der Vorfahrtsregulierung zu tun oder ist es in Bezug auf Vorfahrtregulierung neutral?
- 2) Haben Sie an diesem Schild Vorfahrt, müssen Sie Vorfahrt gewähren, oder ist es hinsichtlich der Vorfahrtregulierung neutral?
- 3) Müssen Sie an diesem Schild anhalten, bremsbereit sein, oder können Sie ihre Fahrt unverändert fortsetzen?

Die Antworten mussten durch die Versuchsteilnehmer so schnell und akkurat wie möglich über ein „Response Pad“ gegeben werden. Die abhängigen Variablen in allen drei Teilaufgaben waren die *Reaktionszeit* als Maß der Assoziationsstärke, sowie die *Anzahl falscher Antworten* als Indikator der Regelkenntnis in Bezug auf die drei Verkehrsschilder, die im Fokus der Untersuchung standen. Neben den Schildern als Zielstimuli, auf die pro Durchgang dreimal reagiert werden musste, wurde in jeder Teilaufgabe eine größere Menge neutraler Schilder zur Ablenkung dargeboten, um Trainingseffekte abzuschwächen.

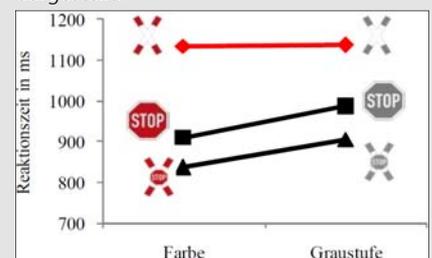
Ergebnis

In allen drei Teilaufgaben des Versuchs schnitten sowohl das Kombinationsschild als auch das Stoppschild gegenüber dem Andreaskreuz deutlich besser ab. In Bezug auf die Regelkenntnis wurden in allen drei Versuchsbedingungen signifikant mehr korrekte Antwortentscheidungen im Falle des Kombinationsschildes und des Stoppschildes getroffen, als wenn auf das Andreaskreuz reagiert werden musste. Ebenso war in allen Bedingungen die Reaktionszeit auf das Kombinationsschild und das Stoppschild verglichen mit den Andreaskreuz signifikant kürzer.

Beispielhaft ist in der folgenden Abbildung die Anzahl der Versuchsteilnehmer aus der zweiten Versuchsbedingung dargestellt, die dreimal fehlerhaft urteilten, ob das jeweilige Verkehrsschild zum Vorfahrt gewähren aufforderte, man Vorfahrt hat, oder es hinsichtlich der Vorfahrtregelung neutral ist:



Auch in Bezug auf die Reaktionszeit konnten signifikante Vorteile, sowohl des Stoppschildes als auch des Kombinationsschildes, gegenüber dem Andreaskreuz festgestellt werden. Auch hier sei beispielhaft eine Übersicht der Reaktionszeiten aus der zweiten Versuchsbedingung dargestellt:



Diskussion

Auf Grundlage der in dieser Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse kann der Einsatz von Stoppschildern als Zusatz zu Andreaskreuzen an Bahnübergängen befürwortet werden. Beinahe alle Teilnehmer waren in der Lage, schnell die korrekten Verhaltensweisen in Bezug auf das Kombinationsschild abzuleiten. Dies war für das Andreaskreuz, dessen Bedeutung oft missdeutet wurde, nicht gleichermaßen der Fall.

Jan Gripenkoven & Henrike Rawert

Untersuchung zum Fahrverhalten und der Wahrnehmung von Autofahrern an Bahnübergängen



Bild 1: Ein mit Blinklicht gesicherter Bahnübergang in Braunschweig.

Problemstellung

Unfälle an Bahnübergängen stellen im Bahnverkehr eine der häufigsten Unfallarten dar und bergen ein hohes Gefährdungspotential für die beteiligten Verkehrsteilnehmer. Die Verkehrsregeln für Straßenverkehrsteilnehmer an Bahnübergängen sind eindeutig, ein Ausfall von Bahnübergangssicherungsanlagen ist sehr unwahrscheinlich. Die Ursachen der Zusammenpralle liegen überwiegend im menschlichen Fehlverhalten auf Seite des Straßenverkehrsteilnehmers begründet. Oft wird in Unfallberichten von einem „Übersehen“ des Bahnübergangs gesprochen. Auch ein bewusstes Fehlverhalten seitens der Straßenverkehrsteilnehmer, ein absichtlicher Regelverstoß, ist an technisch gesicherten Bahnübergängen oft Unfallursache. Bisher gibt es wenige belastbare Forschungsergebnisse zur visuellen Wahrnehmung und dem Fahrverhalten von Autofahrern an Bahnübergängen. Dies ist Untersuchungsgegenstand dieser Fahrstudie.

Methode

- N = 24 Versuchspersonen
- Feldstudie mit dem ViewCar (Bild 2)
- Fahrt durch Braunschweig (Dauer: 35min)
- Vorbeifahrt an zwei Bahnübergängen:
 - nicht technisch gesicherter BÜ
 - mit Lichtzeichenanlage gesicherter BÜ
- Untersuchungsziel wurde nicht genannt
- Aufzeichnung von
 - Blickbewegungsdaten
 - Fahrdaten mit dem ViewCar
 - Regelwissen anhand verschiedener Fragebögen

Ergebnisse

Blickverhalten

Betrachtet man die Ergebnisse aus der Eye-Tracking-Untersuchung, ist festzustellen, dass ein „Übersehen“ des Bahnübergangs nahezu ausgeschlossen ist. Jeder Versuchsteilnehmer hat mindestens ein-, meist jedoch mehrere Schilder die auf den Bahnübergang hinweisen fixiert.

Die weitere Untersuchung der Fahrdatendaten legt nahe, dass aus der Wahrnehmung des Bahnübergangs häufig nicht die richtigen Verhaltensmaßnahmen abgeleitet werden. Nur 1/3 der Autofahrer prüfte per Augenschein, ob ein Zug kommt. Auch in den Geschwindigkeitsverläufen zeigen sich klare Unterschiede in der Abhängigkeit des Prüfverhaltens des Fahrers.

Fahrverhalten

Bis 80m vor dem Bahnübergang konnte anhand der untersuchten Stichprobe keine nennenswerte Geschwindigkeitsverringerung festgestellt werden. Erst 80m vor dem nicht technisch gesicherten Bahnübergang wurde die Geschwindigkeit im Durchschnitt von 50 km/h auf 38,6km/h reduziert. Diese Geschwindigkeit reicht angesichts des frühestmöglichen Detektionspunkts eines Zuges am untersuchten Bahnübergang nicht zum rechtzeitigen Abbremsen aus.



Bild 2: Versuchsfahrzeug ViewCar

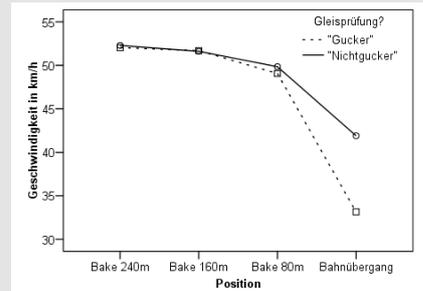


Bild 3: Geschwindigkeitsprofil am nicht technisch gesicherten Bahnübergang

Bei getrennter Betrachtung der Versuchsteilnehmer die gezielt nach einem Zug gesucht haben und denjenigen, bei denen kein visuelles Suchverhalten festgestellt werden konnte, wurde ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Geschwindigkeitsreduzierung in der Zufahrt auf den Bahnübergang festgestellt. Fahrer, die nach einem Zug Ausschau hielten, reduzierten ihre Geschwindigkeit um 10km/h mehr als Fahrer, die nicht nach einem Zug schauten.

Wissenstest

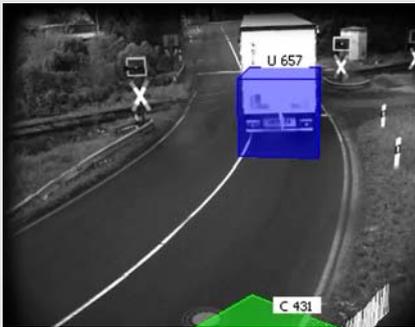
Die Studienteilnehmer beantworteten alle Fahrschulfragen zum Thema Bahnübergang. Die durchschnittliche Quote korrekter Antworten lag bei 92,7%. Theoretisch wussten die Versuchsteilnehmer somit, wie sie sich an Bahnübergängen verhalten müssen. Das Wissen in Bezug auf die konkrete Bedeutung von der Beschilderung (z.B. dem Andreaskreuz) fiel hingegen mäßig aus.

Diskussion

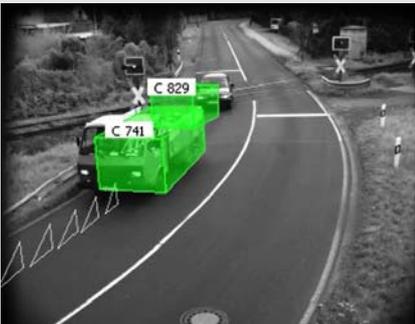
Autofahrer nehmen die Schilder, die auf einen Bahnübergang hinweisen zwar wahr, leiten daraus aber häufig keine korrekte Verhaltensintention ab. Durch die mangelhafte Prüfung des Gleisbereichs und eine hohe Eigengeschwindigkeit können daher gefährliche Situationen entstehen.

Es wird empfohlen neue Ansätze zur Erhöhung der visuellen Aufmerksamkeit, gerade an nichttechnisch gesicherten Bahnübergängen zu entwickeln und explizit auf den Vorrang des Schienenverkehrs hinzuweisen. Diese Maßnahmen können einem *top-down-Ansatz* folgen, also z.B. Kampagnen, Lehrmaterialien oder Informationsschilder beinhalten. Auch ein *bottom-up Ansatz* ist denkbar. So könnten z.B. gezielte Lichtreize zur Aufmerksamkeitslenkung, Rüttelstreifen oder alternative Fahrbahnmarkierungen eingesetzt werden.

Detektierte Rotlichtverstöße am Forschungsbahnübergang Braunschweig-Bienrode



Überfahrt nach kurzem Zögern: Rotlichtverstoß eines LKW am Forschungsbahnübergang.



Rotlichtverstoß in der Kolonne: Ein Fahrer ignoriert das Rotlicht, andere folgen ihm.

Einleitung

Mit der „Anwendungsplattform Intelligente Mobilität“ (AIM) hat das DLR eine langfristig und flexibel verwendbare Forschungsinfrastruktur aufgebaut. Als Teil dieser Infrastruktur ermöglicht der mobile Forschungsbahnübergang die detaillierte Beobachtung des Verkehrsverhaltens an verschiedenen Bahnübergängen (BÜ). Die gesammelte Datenbasis erlaubt ein detailliertes Urteil über das Verkehrsverhalten aller Verkehrsteilnehmer an unterschiedlichen BÜs. Somit können Gefährdungspotentiale an bestimmten BÜ-Typen anhand des Verhaltens der Straßenverkehrsteilnehmer erfasst und klassifiziert werden. Anders als bei menschlichen Beobachtungen ist der Zeitraum der Beobachtungen und damit auch der Umfang der Stichprobe theoretisch frei skalierbar. Anhand der umfangreichen Datenbasis einer solchen Felduntersuchung können innovative infrastrukturelle Maßnahmen zur Verminderung von Fehlverhalten nicht nur fundiert entwickelt werden, sondern deren Wirksamkeit mit dem Forschungs-BÜ auch empirisch validiert werden.

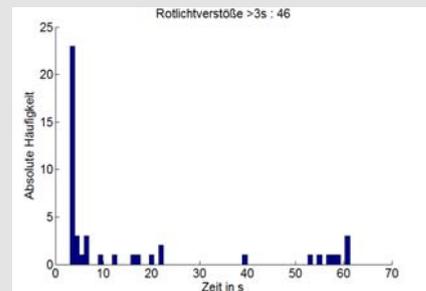
Pilotuntersuchung

An einem unbeschränkten BÜ mit Blinklichtsicherung im Braunschweiger Ortsteil Bienrode wurde in einer Pilotuntersuchung während einem Zeitraum von 15 Tagen (01.09. - 15.09.2014) alle BÜ-Verschüsse aufgezeichnet. In diesem Zeitraum war der BÜ insgesamt 286 mal verschlossen, meist weil meist ein Regionalzug passieren musste. Der Median der Verschlussdauer lag im Messzeitraum bei 59,58s, wobei der Median der Zugankunft nach erleuchten der Blinklichtanlage bei 47,59s lag. In einer ersten Auswertung wurden die Daten auf die Gesamtanzahl aller Rotlichtverstöße der klassifizierbaren Verkehrsteilnehmer gefiltert. Im Nachgang wurde das zu den Verstößen gehörige Videomaterial gesichtet, um eine genauere Klassifizierung der Fehlverhaltensweisen zu ermöglichen.

Ergebnisse

Im Rahmen der Pilotuntersuchung, die 286 BÜ-verschlüsse umfasste, konnten 139 Rotlichtverstöße durch die Anlage detektiert werden. Sortiert man von diesen 139 Verstößen diejenigen aus, die 0 – 3 Sekunden nach dem ersten Aufleuchten der Blinklichtanlage stattfanden (unter der Annahme, dass in diesen Fällen der Verkehrsteilnehmer nicht mehr in der Lage war rechtzeitig zu reagieren und zu halten), bleiben für den Untersuchungszeitraum eine Anzahl von 46 Rotlichtverstöße die genauer betrachtet werden sollten. 23 dieser Verstöße, die später als 3s nach Erleuchten der Rotlichtanlage festzustellen waren, fanden im Zeitraum zwischen 3 – 4s nach erleuchten der Blinklichtanlage statt. Nach genauere Videosichtung dieser Fälle handelte es sich weitgehend um Kraftfahrzeuge, die aus einer Distanz, die zum halten gereicht hätte, an den BÜ heranzufahren und ihn mit unverminderter Geschwindigkeit passierten. Bei diesen Verkehrsteilnehmern ist anzunehmen, dass der Verstoß auf ein übersehen des Blinklichts zurückzuführen ist, oder alternativ auf die Annahme, dass nach einer solch kurzen Zeit nach erleuchten des Rotlichts noch kein Zug zu erwarten ist. Die 23 weiteren Verstöße, die sich auf die restliche Verschlusszeit aufteilen, sind in drei unterschiedliche Gruppen einzuteilen:

- „*Kolonnenverstöße*“: Ein Fahrer überfährt den Bahnübergang und nachfolgende Fahrzeuge passen ihr (Fehl-) Verhalten an den Vorgänger an
- „*Halten und Fahren*“: Fahrer die zunächst anhalten und nach einigen Sekunden weiterfahren. Hier könnte entweder ein Missverständnis des Blinklichts vorliegen, oder ein wissentlicher Regelverstoß.
- „*Frühstarter*“: Fahrer die nach dem passieren des Zuges nicht darauf warten, dass das Rotlicht erlischt, sondern unmittelbar losfahren.



Verteilung der Rotlichtverstöße die später als 3s nach Bahnübergangverschluss detektiert wurden.

Diskussion

Betrachtet man den beobachteten Zeitraum mit Blick auf die Gesamtzahl der BÜ-Verschüsse (286) in diesem Zeitraum, so ist Anzahl von 46 Verstößen (die nicht auf eine unzureichende Reaktionsmöglichkeit zurückzuführen ist,) als erschreckend hoch zu bewerten. Auf 6,25 BÜ-Verschüsse kommt je ein Rotlichtverstoß, der potentiell zu einem Unfall hätte führen können. Übersehen, Unverständnis und Leichtsinns machen BÜs die mit Blinklicht gesichert sind zu gefährlichen Kreuzungspunkten. Ausschließlich die Straßenverkehrsteilnehmer in die Pflicht zu nehmen, wäre nicht angebracht. Aufgrund der Seltenheit blinklichtgesicherter BÜs, der parallelen Existenz von BÜs mit gelb-roten Lichtzeichenanlagen und der Tatsache, dass Blinklichter in anderen Verkehrskontexten lediglich eine Warnung darstellen, ist ein Fehlverhalten erklärbar und teils nachvollziehbar. Auf Grundlage der erhobenen Daten wird, auch im internationalen Kontext, davon abgeraten in Zukunft weitere Bahnübergänge mit Blinklichtanlage auszustatten und empfohlen auf andere technische Sicherungsvarianten zu setzen.

Automatische Blicklenkung an nichttechnisch gesicherten Bahnübergängen – Das System „PeriLight“



Linke Stroboskop-Leuchteinrichtung des Blicklenkungssystems PeriLight in der Untersuchungsumgebung am Bahnübergang Braunschweig-Watenbüttel.

Motivation

Gemäß einer Erhebung zu den Verursachern von Unfällen an Bahnübergängen (BÜ) in Deutschland (Deutsche Bahn AG, 2012), kann davon ausgegangen werden, dass die Verantwortung für über 90% aller Unfälle bei Straßenverkehrsteilnehmern liegt. Ein Großteil der durch Straßenverkehrsteilnehmer verursachten Unfälle wird auf die Unkenntnis der in Bezug auf die Bedeutung des Andreas-kreuzes und der Sicherungstechnik, sowie der erforderlichen einzuleitenden Verhaltensweisen zurückgeführt (Geschwindigkeit verringern, nach links und rechts schauen). Ergebnisse früherer Forschungsprojekte zeigen gleichermaßen, dass ein Großteil der Straßenverkehrsteilnehmer in ihrer Annäherung an den BÜ nicht nach einem sich möglicherweise annähernden Zug sucht und weder nach links noch nach rechts schaut (Dietsch & Grippenkoven, 2014; Wigglesworth 1978; Åberg, 1988). Die Nachrüstung gängiger technischer BÜ-Sicherungssysteme ist sehr teuer und erfordert eine Einbindung dieser Systeme in die schienenseitige Infrastruktur. Damit einher gehen aufwändige und kostspielige Nachweispflichten in Bezug auf die Sicherheitsintegrität des Systems.

System PeriLight

In der dargestellten Skizze ist ein nicht-technisch gesicherter BÜ in Braunschweig abgebildet, an dem das System PeriLight einer ersten Untersuchung unterzogen wurde. Wenn ein Versuchsfahrer den Sensor passiert wird zunächst das LED-Blitzlicht links der Straße (2) ausgelöst. Das Licht pulsiert zehnmal im Wechsel reinweiß und pink. Das linke Licht wird zuerst ausgelöst,

da der linksgelegene Schienenarm für den Fahrer aus größerer Distanz in der Annäherung einsehbar ist. Das Blitzlicht rechts der Straße (1) wird eine Sekunde nach dem linken Licht ausgelöst und pulsiert in gleicher Weise wie das Licht auf der linken Seite.

Unter Verwendung des Systems PeriLight ist es nicht wichtig, ob ein Straßenverkehrsteilnehmer anhand der BÜ-Beschilderung ableiten kann, dass er sich einem Bahnübergang annähert. Es ist auch nicht erforderlich, dass er die richtigen mentalen Modelle (sog. „scripts“) in Bezug auf die Überfahrt eines BÜs aus seinem Langzeitgedächtnis rechtzeitig abrufen kann. Durch die peripheren Lichtreize werden automatische Prozesse der visuellen menschlichen Wahrnehmung genutzt. Der Aufmerksamkeit des Straßenverkehrsteilnehmers wird in die Richtung der Lichtreize und damit der Schienenarme gezogen. Auf diese Weise soll die Wahrscheinlichkeit erhöht werden, dass ein möglicherweise kreuzender Zug rechtzeitig detektiert werden kann und eine Bremsung eingeleitet werden kann. Das System muss nicht in die Schienenseitige Infrastruktur eingebunden werden. Es wird nicht durch den Zug sondern durch den Straßenverkehrsteilnehmer ausgelöst. Das System ist weitaus kostengünstiger als alle existierenden

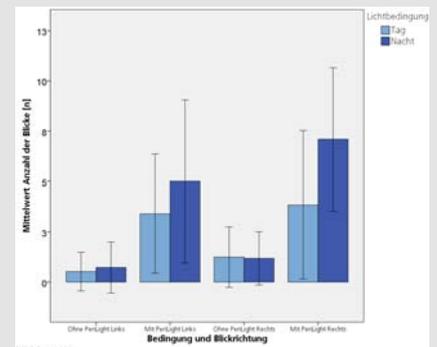


Aufbau des Systems PeriLight im Versuchskontext

Sicherungssysteme, die an kritischen nichttechnisch gesicherten BÜs nachgerüstet werden könnten.

Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen eines Versuchs zum Nachweis der Wirksamkeit des Systems PeriLight wurden bisher Blickdaten von Testfahrten mit $n=36$ (von insgesamt 60) Versuchsteilnehmern ausgewertet (darunter 25 Fahrten bei Tageslicht, 11 bei Dunkelheit). Das Blickverhalten in der Annäherung an den BÜ wurde mit einem Eyetracker aufgezeichnet. Jeder Teilnehmer passierte als Fahrer eines Versuchsfahrzeugs den dargestellten BÜ zweimal. Bei der ersten Überfahrt war PeriLight inaktiv geschaltet. In der zweiten Überfahrt wurde das System 65m vor dem BÜ aktiviert. Die Ergebnisse der Blickdaten zeigen, dass das System PeriLight das Suchverhalten am BÜ in den peripheren Regionen des Blickfeldes, d.h. den Regionen aus denen ein Zug kommen kann, signifikant erhöht.



Die Anzahl visueller Fixationen in peripheren Regionen in der Zufahrt an den Bahnübergang ist unter Verwendung des Systems signifikant erhöht.

Diskussion

Die bisher ausgewerteten 36 Blickdatensätze der Evaluation des Systems PeriLight weisen auf die hohe Wirksamkeit des Systems sowohl bei Tageslicht als auch bei Nacht hin. Die Versuchsfahrer der untersuchten Stichprobe schauten am BÜ deutlich häufiger in Richtung der Schienenarme, wenn das System aktiv war. Damit stellt PeriLight ein vielversprechendes Zusatzsystem zur Erhöhung der Sicherheit an kritischen, bislang nichttechnisch gesicherten BÜs dar.

Um einen eindeutigen Nachweis der Wirksamkeit im alltäglichen Verkehrskontext zu erreichen, sollte das System am Bahnübergang einer Langzeituntersuchung unterzogen werden. Der im Rahmen des Projektes „AIM“ durch das DLR entwickelte mobile Forschungsbahnübergang stellt dazu eine optimale Forschungsinfrastruktur dar.

Forschungs-Bahnübergang



Profil

- Erfassung und Klassifikation von motorisiertem und nicht-motorisiertem Verkehr
- Prädiktion der Trajektorie
- Erkennung des Sicherungszustand des Bahnübergangs und Durchfahrt des Zuges

Ausstattung

- Multi-Sensor-System aus
 - 2 Monokameras
 - 2 24GHz-Radars
 - 1 Stereokamerasystem
 - 1 Laserscanner

Anwendung

- psychologische Studien
 - Analyse des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer in regulären und kritischen Situationen
 - flexible Basis für die Erprobung neuer Technologien und Betriebsabläufe
- 3 LED-Infrarot-Blitze
 - 4 Sensorrechnern
 - 1 Fusionsrechner
 - 1 Diskusserver

Forschungskreuzung



Profil

- Online-Erfassung von motorisiertem Verkehr sowie Fußgängern und Radfahrern
- Prädiktion und Klassifikation
- Ermittlung von Trajektorien und Szenenvideos

Ausstattung

- Fusionssystem aus
 - 8 Monokameras
 - 4 24GHz-Radars
 - 4 Stereokamerasystemen
- künstliche Infrarot-Beleuchtung

Anwendung

- Automatische Online-Situationsanalyse
- Werkzeug zur Untersuchung von verkehrlicher Interaktion
- Analyse und Vorhersage von kritischen Fahrsituationen
- Infrastrukturelle Erfassung für kooperative Fahrerassistenz
- Referenzsystem für neue Erkennungsalgorithmen

