

„Intelligente Lichtverteilung im Kraftfahrzeug als Komfort- und Sicherheitsfunktion? Innovationen von heute und morgen...“

MBE **M. H. Hörter**, Universität Karlsruhe(TH), Institut für Mess- und Regelungstechnik, Karlsruhe

Dipl.-Ing. **C. Koelen**, Porsche Engineering Services GmbH, Bietigheim-Bissingen

Kurzfassung

Dieser Beitrag zeigt die Notwendigkeit einer weiterführenden Entwicklung von lichtbasierten Fahrerassistenzsystemen auf, um auch in Zukunft die Zahl der getöteten und verletzten Personen im nächtlichen Straßenverkehr weiter reduzieren zu können. Hierzu werden aktuelle Statistiken über die Verteilung von nächtlichen Verkehrsunfällen betrachtet, ein Überblick über am Markt befindliche lichtbasierte Fahrerassistenzsysteme gegeben, sowie aktuelle Forschungsschwerpunkte in dieser technischen Disziplin aufgeführt. Des Weiteren wird im Besonderen auf eine innovative lichtbasierte Assistenzfunktion mit der Bezeichnung „Markierende Licht“ eingegangen, wobei Einblicke in die hierfür implementierte Bildverarbeitung des verwendeten Sensorsystems aufgezeigt sowie die Thematik der benötigten Warnstrategie diskutiert wird.

Abstract/Summary

This paper shows the necessity of a steady development of light-based driver assistant systems, to be able to reduce the number of killed and injured persons within the night-time traffic context in the future. Hereunto recent statistics regarding the distribution of classified traffic casualties over day-/ and night-time will be considered, an overview of currently available light-based driver assistance systems will be given, as well as state of the art scientific projects within this focus are mentioned. The so called “Marking Light” as a potential light-based driver assistance system will be discussed in detail - insights of the corresponding image processing based on the utilized sensor system will be specified plus the topic of the required warning strategy will be introduced.

1. Einleitung und Motivation

Eine aktuell durchgeführte und veröffentlichte Unfallanalyse des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS) zeigt in [1] die Anzahl der im Jahr 2008 verletzten respektive getöteten Personen im Straßenverkehr auf. Die Aussage hieraus lässt sich wie folgt interpretieren: Einerseits stellt der positiv zu wertenden Abwärtstrend, welcher absolut gesehen ein Allzeittief seit Datenaufzeichnung des DESTATIS aus dem Jahre 1953 darstellt, ein erfreuliches Signal dar. Andererseits sind 4.600 getötete und 407.000 verletzte Verkehrsteilnehmer noch lange kein Motivator für in der Verantwortung stehende Institutionen (u.a. Legislative, Wissenschaft, Industrie), um weitere technische Innovationen in Bereich Sicherheit und Komfort bei nächtlichen Fahrten nicht weiter voranzutreiben.

Gerade bei Fahrten in der Dämmerung/ Dunkelheit, wenn die Erkennbarkeit von Objekten im Verkehrsraum für den Fahrer am schwierigsten ist, steigt die Wahrscheinlichkeit in einen Unfall mit dritten Verkehrsteilnehmern (Fokus: Fußgänger, Radfahrer, Wild) involviert zu werden exponentiell an. Ursachen hierfür sind in der Regel in der relativ niedrigeren Umgebungshelligkeit gepaart mit sporadisch auftretenden Blendungen durch entgegenkommende Fahrzeuge zu suchen, was ein rasches Adaptieren des menschlichen Sehapparates bedingen. Weiterhin erschwerend kommt hinzu, dass die Tiefenschärfe sowie die Sehleistung nach [2] bei Nacht signifikant reduziert sind.

Eine Analyse der unter [3] gesammelten Daten hinsichtlich Unfallart, Tages-/ Nachtzeit, Unfallort und entsprechendes Verkehrsaufkommen resultiert in eindeutigen Indikatoren, wo zukünftige lichttechnische Assistenzsysteme ein Mehrwert an Sicherheit und Komfort bieten sollten. In [4] sind sieben Kategorien aufgeführt, welche alle auftretenden Verkehrsunfälle anhand spezifischer Attribute aggregieren. Jeder Kategorie sind weitere Subkategorien, den so genannten Unfalltypen, zugeordnet.

Abbildung 1 zeigt die sieben Kategorien in Ihrer Verteilung über die Tages- und Nachtzeit, wobei die Kategorien „(1) Unfälle durch Kontrollverlust“, „(2) Unfälle bei Verlassen einer Straße“ und „(3) Unfälle beim Überqueren einer Straße“ relativ gesehen bei Nacht mit der höchsten Relevanz zu gewichten sind und somit eine weiterführende Betrachtung motivieren.

In einer detaillierteren Darstellung umfasst (1) alle Unfalltypen, welche einen Kontrollverlust über das Fahrzeuge aufweisen. Dieser Kontrollverlust gründet bei nächtlichen Fahrten meist auf einer unangepassten Geschwindigkeit, welche wiederum durch eine mangeln-

de Wahrnehmung des peripheren Sichtbereiches¹ basierend auf eine sub-optimalen Ausleuchtung zurückzuführen ist. In (2) sind typische Unfälle vereint, welche gehäuft im Kreuzungsbereich auftreten, wenn Fahrzeuge bei einem Abbiegevorgang (meist bei Linksabbiegevorgängen) kollidieren. In korrespondierenden Unfallberichten haben involvierten Fahrzeugführer meist angegeben, dass sie das entgegenkommende Fahrzeug/ Objekt im Verkehrsraum bedingt durch eine inadäquate Lichtverteilung nicht wahrgenommen haben. (3) steht hauptsächlich für Unfalltypen mit Personen (oder auch Wildschäden) im Verkehrsraum, bei welchen der Fahrzeugführer nicht ausreichend oder keine Zeit mehr für eine Kollisionsvermeidung bedingt durch eine mangelnde Wahrnehmung der Gefahrensituation hatte.

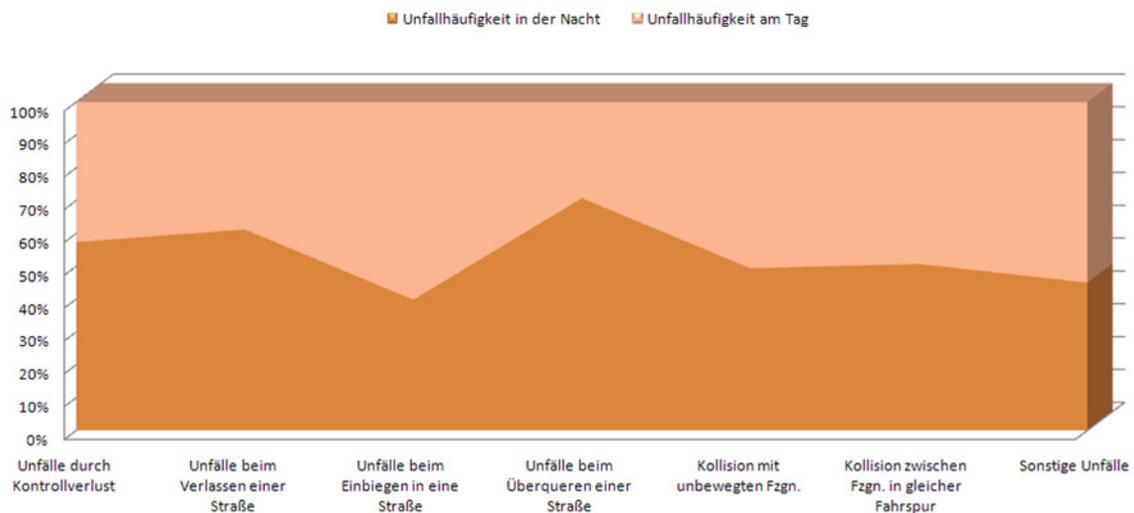


Abbildung 1 –Verteilung der kategorisierten Verkehrsunfälle über Tag-/ Nachtfahrten [4]

Diese hier aufgeführten Kategorien mit Ihren zugehörigen individuellen Unfalltypen können somit als direkte Motivatoren für die Auslegung von zukünftigen lichtbasierten Fahrerassistenzsystemen gesehen werden, um das Ziel einer Reduzierung der anfangs aufgeführten Zahlen an verunglückten sowie verletzten Personen speziell bei nächtlichen Fahrten zu verfolgen.

Verschiede Fahrzeughersteller (OEM) sowie eine Vielzahl von Entwicklungszulieferer forschen und entwickeln derzeit daran, wie der Fahrzeugführer bestmöglich bei Nachtfahrten

¹ Hinweis: Gerade dieser peripheren Sichtbereiche ist für den Fahrer zur korrekten Einschätzung seiner aktuellen Geschwindigkeit signifikant und sollte deshalb gut sichtbar und hierfür ausgeleuchtet sein.

in seiner Fahraufgabe unterstützt werden kann. Hierzu wird im weiteren Verlauf in Kapitel 2 ein Überblick über aktuell verfügbare lichtbasierte Assistenzsysteme in diesem Fokus gegeben. In Kapitel 3 wird auf eine vielversprechende, innovative Lichtfunktion eingegangen, das so genannte „Markierende Licht“, welche im Besonderen Kollisionen mit Personen (oder auch Wild) durch eine gezielte Ausleuchtung („Gefahrenlicht“, [5]) vermindern soll. Kapitel 4 schließt diesen Beitrag mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick ab.

2. Übersicht über lichtbasierte Assistenzsysteme

Die Kombination von jüngsten Entwicklungen im Bereich automotiver Hauptscheinwerfer sowie innovativer Umfeldsensorik (hier: Fokus auf visueller Sensorik) ebnet sukzessive neuen lichttechnischen Assistenzfunktionen die Integration in das Fahrzeug. Dieses Kapitel stellt eine Übersicht über derzeit am Markt verfügbaren Systeme in dieser technischen Disziplin auf sowie indiziert mögliche zukünftige Innovationen, um gemeinsam der Vision des unfallfreien Fahrens bei Nacht ein Schritt näher zu kommen.

Ende des 19. Jahrhunderts kam nach [6] der automotiven Beleuchtungstechnik noch eine stark untergeordnete Rolle zu, was sich bedingt durch zunehmende Motorisierung der damaligen Fahrzeuge sowie einem dichter werdenden Verkehr sukzessive änderte. Zudem trieben die damals bereits vorhandenen Designanforderungen die Entwicklung der Lichttechnik ebenfalls voran. Zu Anfang des 20. Jahrhunderts wurden technische Herausforderungen, wie eine verstärkte Fahrbahnausleuchtung, eine verminderte Blendwirkung sowie eine verbesserte Seitenstreuung spezifiziert und gelöst. In Phasen, als das Autobahn- und Schnellstraßennetz auf- und ausgebaut wurde, spielten zudem eine erhöhte Reichweite, eine asymmetrische Lichtverteilung sowie gesteigerte Lichtwerte eine große Rolle im Fokus der sich entwickelnden Fahrsicherheit und des Komfortempfindens bei nächtlichen Fahrten. In der jüngeren Vergangenheit ist in der automotiven Lichttechnik der Abschluss des EUREKA Projektes „E!1403-AFS“ als Quantensprung zu bezeichnen. Nach [7] befassten sich die Projektmitglieder mit der Definition von Anforderungen an neuzeitliche Frontscheinwerfersysteme, darunter Anforderungen für umfassende Testsequenzen sowie das Entwerfen von internationalen Gesetzesentwürfen. Als Resultat hieraus führt [8] auf, dass im Jahre 2006 erste so genannte AFS (**A**dvanced **F**rontlighting **S**ysteme)-Scheinwerfersysteme auf dem Markt verfügbar waren, welche ihre Lichtverteilung an unterschiedliche Umfeldsituationen anpassen können. Dargestellt werden Lichtverteilungen, wie z.B. Stadtlicht, Landstraßenlicht, Autobahnlicht und Fernlicht, welche basierend auf der Auswertung von fahrzeugimmanenten Sensordaten eingestellt werden. [9] spricht hier von einem Assistenzsystem namens „Adaptive Lichtverteilung“. [4], [10] und [11] bezeichnen hingegen ihr System für die variable Licht-

verteilung mit der Bezeichnung „Adaptives Frontlicht“. Die bekannte Kurvenlichtfunktionalität, in [9] als „Adaptives Kurvenlicht“ bezeichnet, vereint dynamisches Gieren der Hauptleuchtmodule basierend auf Geschwindigkeit, Gierrate und Lenkwinkel des Fahrzeuges (u.a. auch in [12]) sowie ein Hinzuschalten von statischen Leuchtmodulen für eine laterale Ausleuchtung der Fahrzeugflanke bei Abbiegevorgängen. Eine auf optische Sensorik basierende Lichtfunktion stellt der in [9] und [13] aufgeführte „Fernlichtassistent“ dar, welcher autonom zwischen einer Abblendlicht- und Fernlichtverteilung abhängig von der jeweiligen Verkehrssituation (Gegen- /Vorausverkehr vorhanden: ja/nein) alterniert. Eine hierauf aufbauende Innovation ist die in [4], [8], [9] und [10] genannte „Adaptive Leuchtweitenregulierung“ respektive in [13] bezeichnete „Intelligent Headlamp Control (IHC)“ dar. Hier werden die relativen Entfernungen zu dritten Verkehrsteilnehmer technisch ermittelt und hierauf die Leuchtweite der Hauptscheinwerfer mit definierbaren Sicherheitsreserven eingestellt, um dem Fahrer stets eine maximal mögliche Sichtweite ohne Blendung Dritter zu ermöglichen.

Eine zukünftige lichtbasierte Assistenzfunktion, welche erneut einen technischen Quantensprung zur adaptiven Leuchtweitenregulierung darstellen wird, ist in [4] und [8] als „Maskiertes Fernlicht“ sowie „Blendfreies Fernlicht“ beschrieben. Hier wird ein Ansatz verfolgt, indem das Hauptleuchtmodul stets in einem Fernlichtmodus verbleibt, jedoch blendgefährdete Bereiche (vgl. Gegen- /Vorausverkehr) maskiert werden (s. Abbildung 2).

Ein konträrer Ansatz zu letztgenanntem Assistenzsystem stellt das in [4], [8] und [5] beschriebene „Markierende Licht“ oder auch „Gefahrenlicht“ dar. Hier werden zur regulären Lichtverteilung situationsadaptiv weitere Bereiche im Verkehrsraum ausgeleuchtet, welche gefährdende Objekte (u.a. Fußgänger, Fahrradfahrer, Wild) enthalten (s. Abbildung 3). Der Nutzwert für den Fahrer liegt hierbei in einer relativ früheren optischen Wahrnehmung des Gefahrenpotentials, was wunschgemäß zu einer Kollisionsvermeidung führen soll.



Abbildung 2 – „Maskiertes-/ Blendfreies Fernlicht“ [12]



Abbildung 3 – „Markierendes-/ Gefahrenlicht“ [15]

3. Markierendes Licht

Was aus Kapitel 2 hinsichtlich aktueller Forschungsfelder im Bereich der intelligenten Lichtverteilung im Kraftfahrzeug hervorgeht, ist, dass die Themen „Maskiertes-/ Blendfreies Fernlicht“ sowie „Markierendes-/ Gefahrenlicht“ großes Potential hinsichtlich der Vision des unfallfreien Fahrens im nächtlichen Straßenverkehr in sich vereinen. Bis zu einer serienfähigen Produktreife sind unterdes noch technische sowie gesetzliche Herausforderungen zu meistern. Technisch ist die Frage nach einer optimalen Architektur des Hauptscheinwerfers im Gefüge von maximaler Lichtstärke der Emitter, Flexibilität und Ansprechverhalten der Lichtverteilung, Energieeffizienz, Thermomanagement und marketingmotivierten Designanforderungen zu lösen. Für eine Homologation sind unter anderem folgende Fragen zu klären [15]: Wird die Fahraufgabe durch stark geometrisch ausgestaltete Beleuchtungsmuster im Blickfeld des Fahrers beeinflusst respektive hat der Fahrzeugführer die Tendenz, in Richtung einer ausgeleuchteten Freifläche zu steuern? Beeinflusst eine lichttechnische Markierung von z.B. Fußgänger deren Verhalten im Verkehrsraum? Wie kann eine Blendung Dritter mit einer markierenden Instanz im Fahrzeug effektiv verhindert werden?

Die folgenden Abschnitte beschreiben zu den oben aufgeführten Fragestellungen einen am Institut für Mess- und Regelungstechnik aufgebauten Versuchsträger (Hard- und Softwareframework), welcher zukünftig für Probandentestreihen zur Verfügung stehen wird.

3.1 Hard- und Softwareframework

Als Basisfahrzeug steht am Institut für Mess- und Regelungstechnik ein AUDI Q7 3.0 TDI bereit, welcher eine technische und bereits wettbewerbserprobte Grundausstattung in Anlehnung an [16] erhalten hat. Um Untersuchungen zur lichttechnischen Funktion „Markierendes Licht“ durchführen zu können, wurde in einem Hauptscheinwerfergehäuse ein gier- und nickfähiges Bi-Xenon-Modul vom Typ „VarioX“ der Firma Hella KGaA Hueck & Co. sowie ein Prototyp eines automotiven Spotstrahlers („Automotive Spotlight“) auf LED-Basis integriert, welcher ebenfalls hoch-dynamisch gier- und nickfähig ist (s. Abbildung 4 und Abbildung 5). Die Kommunikation zu den Bi-Xenon-Modulen wurde mittels des CAN-Protokolls realisiert, die Aktoren und Sensoren des automotiven Spotstrahlers werden über eine echtzeitfähige Prototyping-Einheit vom Typ „MicroAutoBox“ der Firma dSPACE GmbH angeregt respektive ausgelesen. Als visueller Sensor wurde eine FIR(Far Infrared, $\lambda = 8-12\mu\text{m}$)-Kamera vom Typ „PathFindIR“ der Firma FLIR Systems integriert, welche eine Auflösung von 320 x 240 Pixel bei einer Bildrate von 25Hz bietet. Als Recheneinheit für die Bildverarbeitung respektive für nachgelagerte strategische Auswertungen steht ein Multi-Kern-Prozessorsystem vom Typ „Opteron“ mit ausreichend dimensionierter Peripherie bereit. Für eine präzise Selbstortung

des Versuchsträgers steht eine Dual-GPS-Navigationseinheit mit interner Inertialsensorik vom Typ „RT3003“ der Firma OXTS zur Verfügung.



Abbildung 4 –Integrierte Architektur des HSW

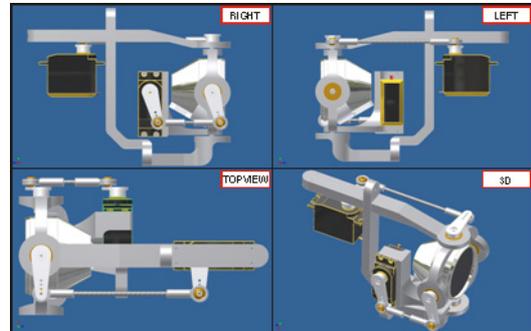


Abbildung 5 - 3D-CAD-Zeichnung des „Automotive Spotlight“ auf LED-Basis

3.2 Objektdetektion und Klassifikation

Wie dem vorherigen Abschnitt zu entnehmen ist, wird als Sensorsystem eine Wärmebildkamera verwendet, wie sie auch bereits in ersten Serienfahrzeugen nach [17] integriert ist. Das Ziel hierbei ist, dem Fahrzeugführer durch eine entsprechende technische Analyse der Bildsequenzen Informationen über seine Umgebung sowie mögliche potentiell gefährdende Objekte bereit zu stellen. Hierzu kommt der Detektion und der Lokalisierung von z.B. Fußgängern/ Fahrradfahrer/ Wild im Vorfeld des Fahrzeuges eine zentrale Rolle zu. Diese Herausforderung ist nicht trivial und wird unter anderem intensiv in den technischen Disziplinen der Bildverarbeitung sowie Mustererkennung untersucht. Genauer betrachtet ist das Detektieren sowie Klassifizieren von genannten Objekten in Bildsequenzen deshalb komplex, weil das Erscheinungsbild oder die Pose der zu detektierenden Objekte beliebig variant sein kann. Eine von [18] vorgestellte effektive Bildsegmentierung sowie Vorabklassifikation auf Basis von Wärmebildsequenzen sieht einen dual-adaptiven Grenzwertfilter nach [19] vor. Dieser Algorithmus vereint zwei veränderliche Grenzwerte, welche wie folgt bestimmt werden:

$$T_{Low}(i, j) = \frac{\sum_{x=i-N}^{i+N} I(x, j)}{L}$$

$$T_{High}(i, j) = T_{Low}(i, j) + \theta$$

, wobei L als $L = 2N + 1$ definiert ist, und die halbe Breite eines Fußgängers in der lokalen Nachbarschaft definiert. N gibt die Sensitivität des Algorithmus an, wohingegen θ für einen

gering zu wählenden Abstand zwischen beiden Grenzwerten steht. Die nachfolgende Vorabklassifikation binarisiert das vorliegende Graustufenbild nach folgendem Ansatz:

$$p(i, j) \in F, \text{ if } [I(i, j) > T_{High}(i, j) \parallel T_{Low}(i, j) \leq I(i, j) \leq T_{High}(i, j) \&\& p(i - 1, j) \in F]$$

$$p(i, j) \in B, \text{ if } [I(i, j) < T_{Low}(i, j) \parallel T_{Low}(i, j) \leq I(i, j) \leq T_{High}(i, j) \&\& p(i - 1, j) \in B]$$

, wobei **F** für Vordergrund und **B** für Hintergrund im Bild steht. Abbildung 6 zeigt Resultate des dual-adaptiven Grenzwertfilters, welche in einem nächsten Schritt weiter segmentiert werden. Um den Rechenaufwand für die finale Klassifikation möglichst gering zu halten, reduziert die bereits erwähnte Vorabklassifikation durch heuristische Annahmen die Anzahl der Bildausschnitte. Hierzu wird die Objektgröße, die Objektposition in Bildkoordinaten, das Verhältnis zwischen Breite und Höhe sowie das Verhältnis zwischen Objektfläche und Fläche des umschließenden Rahmens („Bounding-Box“) evaluiert, um möglichst viele Fehldetektion vorab zu eliminieren.

Ein erfolgsversprechender Ansatz als Vorbereitung für die finale Klassifikation basiert nach [20] auf der Extraktion von Merkmalen (Symmetrie, form-invarianter Eigenschaften, etc.) aus Bildausschnitten, welche mutmaßlich zu klassifizierende Objekte (z.B. Fußgängern/ Fahrradfahrer/ Wild) enthalten. Die Klassifikation wird hierbei mittels einer lernfähigen Instanz durchgeführt, welche technische Indikatoren (hier: Beschreibungsvektoren) eines Bildausschnittes mit vorab trainiertem Wissen (hier: hochdimensionale Hyperebene) vergleicht. Hierbei haben Indikatoren für eine effiziente Klassifikation großes Potential, welche auf sogenannte „Histogram of Oriented Gradienten (HOG)“ basieren.



Abbildung 6 - Ergebnisse des dual-adaptiven Grenzwertfilters [19]

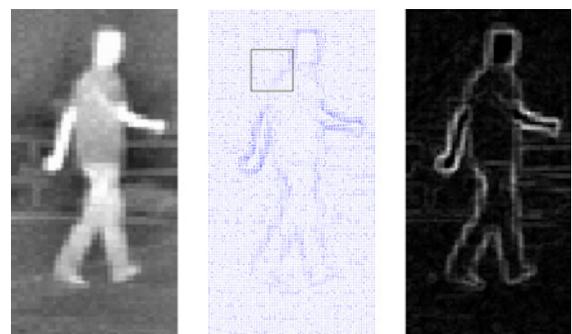


Abbildung 7 - Bestimmung des Intensitätsgradienten eines Fußgängers [20]

Hierbei wird nach [19] die Gestalt und Form von Objekten mittels der zugehörigen Verteilung respektive Ausrichtung der lokal berechneten Intensitätsgradienten in einem Bildausschnitt beschrieben (s. Abbildung 7). In anderen Worten: Die Klassifikation beruht auf einer Evaluierung normierter Histogramme lokal bestimmter Intensitätsgradienten in einem Dichtenetz. In [19] werden HOG-Deskriptoren in drei Stufen wie im Folgenden beschrieben bestimmt und anschließend dem finalen Klassifikator zugeführt:

- I. Berechnen der Gradienten über die Intensität im Detektionsfenster.
- II. Ermitteln des Histogramms über die Orientierung der Gradienten.
- III. Normalisieren des Histogramms in Relation zu einer übergeordneten Flächeneinheit (Block).

Als Klassifikator wird eine in [21] spezifizierte „**S**upport **V**ector **M**achine (SVM)“ verwendet, welche basierend auf einer Menge von Trainingsobjekten (hier: HOG-Deskriptoren) mit bekannter Klasse eine Entscheidungsfunktion („decision function“) in Form einer optimalen Hyperebene in einem hochdimensionalen Raum erlernt. Die Trainingsdaten liegen in der Form $\{x_k, y_k\} \in \mathcal{X} \times \{-1, 1\}$ vor, wobei x_k die vektorisierten HOG-Deskriptoren und y_k das korrespondierende Klassenlabel repräsentiert. Um nicht-linear separierbare Trainingsdaten linear und somit effizient separieren zu können, wird x_k mittels einer Funktion $\Phi(x_k)$ in einen höherdimensionalen Raum abgebildet. Danach wird nach einer linearen Entscheidungsfunktion in der Form $f(x) = w \cdot \Phi(x_k) + b$ gesucht, wobei $f(x)$ nach einem maximalen Abstand zwischen dem nächsten Punkt $\Phi(x_i)$ und der Hyperebene zu optimiert ist. Eine Klassifikation erfolgt somit, indem dem Klassenlabel von x das Vorzeichen von $f(x)$ zugewiesen wird.

Ergebnisse zur Evaluierung des Ansatzes basierten auf einer Datenbankgröße von 5000 Bildausschnitten mit einer Dimension von 128×64 Pixel, wobei 2500 hiervon handgelabelte Fußgänger und 2500 handgelabelte Nicht-Fußgänger (hier: sonstige Muster) darstellten (s. Abbildung 8). Dabei überzeugte der hier beschriebene Ansatz mit Detektionsraten („True Positive Rate“) von über 90%, jedoch muss für eine Verwendung im eingangs beschriebenen Versuchsträger noch an der Echtzeitfähigkeit des Ansatzes weiter optimiert werden.

3.3 Warnstrategie

Bei der Auslegung von neuartigen Assistenzsystemen hinsichtlich Betriebsstrategie und Rückmeldekonzent ist im Besonderen darauf zu achten, keine Sättigung durch vermeidbare Falschauslösungen oder auch als störend empfindbare Warnhinweise beim Fahrzeugführer



Abbildung 8 - Bildausschnitte für Trainingsdaten: (a) und (b) sind Fußgänger, (c) und (d) sind Nicht-Fußgänger [20]

zu erzielen.

Die Warnstrategie zur lichtbasierten Assistenzfunktion „Markierendes Licht“ könnte eine Weiterentwicklung von bestehenden Strategien diverser Nachtsicht-Assistenzsystemen sein, wobei bei einem gegebenen horizontalen Öffnungswinkel des Sensorsystems zwei grundsätzliche Detektionsbereiche zu benennen sind (s. Abbildung 9):

- I. Detektionsbereich im longitudinalen Bereich zum Fahrzeug => Hier befinden sich Fußgänger im direkten Vorfeld des eigenen Fahrzeuges.
- II. Detektionsbereich im lateralen Bereich zum Fahrzeug => Hierbei befinden sich Fußgänger im Begriff, die Straße im Vorfeld des eigenen Fahrzeuges zu queren.

Dabei sind eine Vielzahl von Parameter dieser Warnstrategie abhängig von der Geschwindigkeit/ Umfeld des Fahrzeuges, wie z.B. die Spurbreite, der betrachtete Öffnungswinkel des Sensors, die relative Position eines Objektes innerhalb einer betrachteten Detektionsreichweite sowie die hieraus sich ergebende Zeit zu einer errechneten Kollision. Des Weiteren sind zusätzliche fahrzeugimmanente Sensorwerte, wie z.B. der Lenkwinkel sowie die Gierrate, auszuwerten, um die Detektionsbereiche beim Durchfahren von Kurven adaptiv auslegen zu können. Eine Verwendung von digitalen Karten für diese Aufgabe setzt eine sehr gute Selbstlokalisierung sowie hochauflösendes Kartenmaterial voraus. Algorithmen („Multi-Target Tracking“), welche detektierte Objekte durch eine Verfolgung über die Zeit beobachten, können Aussagen über deren relativen Bewegung zum eigenen Fahrzeug geben.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag widmete sich im Besonderen lichtbasierten Fahrerassistenzsystemen von „heute und morgen“. Eine eingangs aufgeführte Motivation für diese technische Disziplin über die statistische Verteilung von Verkehrsunfällen im nächtlichen Straßenverkehr machte

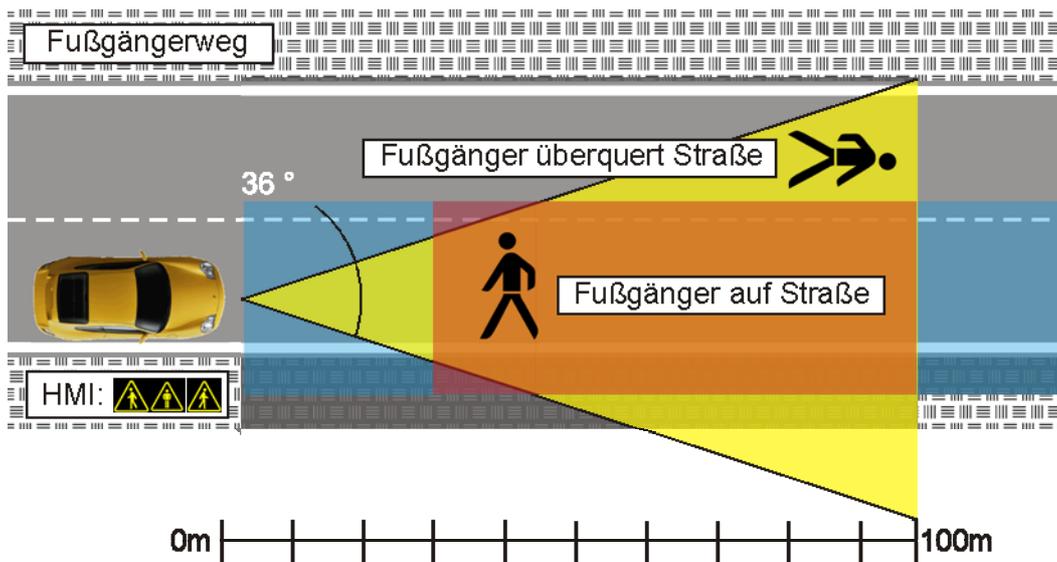


Abbildung 9 – Longitudinaler und lateraler Detektionsbereich

deutlich, dass zukünftige Assistenzsysteme hieraus Potential schöpfen können, die vorgestellten Zahlen von getöteten und verletzten Personen zu reduzieren. Eine anschließende Übersicht über derzeit sich am Markt befindlichen Systeme von diversen Herstellern und Entwicklungslieferanten sowie die Nennung von aktuellen Forschungsfeldern komplettierten den Einstieg in die Thematik.

„Maskiertes-/ Blendfreies Fernlicht“ sowie „Markierendes-/ Gefahrenlicht“ werden als zukünftige lichtbasierte Fahrerassistenzsysteme genannt und sind ebenfalls Forschungsgegenstand am Institut für Mess- und Regelungstechnik. Um zukünftig Probandenuntersuchungen zur Klärung von technisch sowie gesetzlich motivierten Fragestellungen durchführen zu können, steht ein Versuchsträger bereit, welcher als Evaluierungsplattform für Soft- und Hardwarekomponenten herangezogen wird. Des Weiteren wurde ein kurzer Einblick in die bis dato implementierte Bildverarbeitung zum spezifizierten Sensorsystems gegeben, welche nach einer kaskadierten Detektion gefundener Objekte anhand von so genannten HOG-Deskriptoren in einem binären Klassifikationsalgorithmus („Support Vector Machine“) verarbeitet. Eine nachgelagerte Warnstrategie soll detektierte und klassifizierte Objekte im Umfeldkontext bewerten, um die Falschalarmrate hinsichtlich einer Akzeptanz des Gesamtsystems zu minimieren.

Literatur

- [1] Statistische Bundesamt: Zahl der Verkehrstoten: Neuer Tiefststand im Jahr 2008. Pressemitteilung Nr.479 vom 12.12.2008., Wiesbaden: DESTATIS 2008.
- [2] Wördenweber, B., et al.: Automotive Lighting and Human Vision. Berlin Heidelberg: Springer 2007.
- [3] German In-Depth Accidnet Study, GIDAS database, www.gidas.org, 2008.
- [4] Wegwerth, C., et al.: Active Safety Light. V.I.S.I.O.N proceedings, Ref 2008-02, Versailles Satory/ France, 2008.
- [5] Meilensteine der Fahrzeugsicherheit. Die Vision vom unfallfreien Fahren., Sicherheitsbroschüre, Daimler AG, Stuttgart, 2009.
- [6] Lichttechnik und Scheibenreinigung am Kraftfahrzeug, Fachwissen Kfz-Technik, Elektrik und Elektronik für Kraftfahrzeuge, Gelbe Reihe, Ausgabe 2002, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, 2002.
- [7] Eureka Project E!1403-AFS, General description sheet, Philips Lighting B.V., Eindhoven, 2004.
- [8] Kalze, J., Schmidt, C.: Dynamic Cut-Off-Line geometry as the next step in forward lighting beyond AFS. 7th International Symposium on Automotive Lighting, 2007, S.346ff.
- [9] Strobel, T., et al.: Licht intelligent umgesetzt. Sonderausgabe BMW 7er, Elektronik automotive, Oktober 2008, S.84ff.
- [10] Amsel, C., et al.: Light Based Driver Assistance System. V.I.S.I.O.N proceedings, Ref 2008-02, Versailles Satory/ France, 2008.
- [11] Opel Insignia, Produktbroschüre, ADAM OPEL GmbH, Rüsselsheim, 2009.
- [12] Moizard, J., et al.: Advanced High Beam/ Low Beam Transitions: Progressiv Beam And Predictive Leveling, V.I.S.I.O.N proceedings, Ref 2008-02, Versailles Satory/ France, 2008.
- [13] Intelligent Headlamp Control (IHC), Produktbroschüre, Continental AG, Lindau, 2009.
- [14] Kleinkes, M., et al.: LED technology in headlamps – extend lighting functions and new styling possibilities. 7th International Symposium on Automotive Lighting, 2007, S.55ff.
- [15] van Laarhoven, W.: Outlook on international legislation developments. 9th International Flagship Event Intelligent Automotive Lighting 2009, Frankfurt, 2009.
- [16] Werling, M., et al.: A Hardware and Software Framework for Cognitive Automobiles. IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Eindhoven/ The Netherlands, 2008.
- [17] BMW incorporates thermal imaging cameras in its cars, Produktbroschüre, FLIR Commercial Vision Systems B.V., Teteringen/ The Netherlands, 2009.

- [18] Tian, Q., et al.: Nighttime Pedestrian Detection with a Normal Camera Using SVM Classifier. ISNN 2005, Berlin Heidelberg: Springer 2005, S. 189ff.
- [19] Dong, J., et al.: Nighttime Pedestrian Detection with Near Infrared using Cascaded Classifier, IEEE Explorer, Beijing/ China, 2007.
- [20] Suard, F., et al.: Pedestrian Detection using Infrared Images and Histograms of Oriented Gradients, IEEE Explorer, Saint Etienne du Rouvray/ France, 2005.
- [21] Cristianini, N., Shawe-Taylor, J.: Introduction to Support Vector Machines. Cambridge Univeristy Press, 2000.