

Licht und Fahrerassistenz

als Systeme zur Verbesserung der Fahrzeugsicherheit

Die in den vergangenen Jahren eingeführten Fahrzeugsysteme zur Verbesserung der passiven Sicherheit (wie optimierte und kompatible Karosseriestrukturen und Airbags) haben zu einer positiven Trendwende der Entwicklung von Unfallfolgen geführt. Studien gehen davon aus, dass durch die Einführung dieser Sicherheitssysteme im Fahrzeug in Europa die Anzahl von Unfallverletzten jährlich um rund 120.000 zurückgegangen ist. Dieser positive Trend kann noch weiter verstärkt werden, wenn Fahrer und Fahrzeug besser in der Lage sind, eine potenzielle Gefahrensituation selbständig zu erkennen, um so geeignete Sicherheitsmaßnahmen schon vor dem potentiellen Unfall einzuleiten oder sogar den Unfall zu vermeiden. Dieser Beitrag stellt dazu neue Beleuchtungs- und Kamerasysteme vor, die von Hella und fka gemeinsam entwickelt wurden.

1 Einleitung

Um das Ziel einer Verbesserung der passiven Sicherheit zu erreichen, arbeitet die Fahrzeug- und Zuliefererindustrie verstärkt an der Entwicklung von aktiven und vorausschauenden Sicherheitssystemen:

1. **Aktive, situationsadaptive Lichtsysteme:** Sie können auf Informationen zu Fahrzeuggeschwindigkeit, Beschleunigung, Lenk- oder Kurvenradius, Umfeldleuchtdichten, Wetter, Straßenzustand oder Straßentyp reagieren. Ziel ist eine bedarfsgerechte Ausleuchtung der vorausliegenden Strecke. Eine besondere Herausforderung liegt dabei in der vorausschauenden Richtungserkennung, um das Licht bereits vor dem Fahrzeug entsprechend lenken zu können.

2. **Systeme zur Kollisionswarnung und Kollisionsvermeidung:** Sie können durch aktive Maßnahmen die Fahrzeugsicherheit erhöhen. Die Kollisionswarnung bezieht den Fahrer in die Unfallvermeidung mit ein, ihm obliegt aber auch weiterhin die Unfallvermeidung. Systeme zur Kollisionsvermeidung übernehmen darüber hinaus auch diese Fahraufgabe.

3. **Pre-Crash-Systeme:** Sie können den Zeitpunkt des Zusammenstoßes, die Unfallart und die potenzielle Unfallschwere ermitteln. Ziel dieser Systeme ist die optimierte Anwendung von Maßnahmen zur Verbesserung der passiven Sicherheit. Hierzu zählt unter anderem eine progressive Airbagauslösung oder eine gezielte Ansteuerung der Gurtstraffer beispielsweise in Abhän-

Die Autoren



Dipl.-Ing. Dirk Neunzig ist Leiter Geschäftsbereich Verkehr der fka Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH in Aachen.



Dr.-Ing. Roland Lachmayer ist Leiter Produkt-Entwicklung der Hella KG Hueck & Co. in Lippstadt.

gigkeit vom Unfalltyp (Seite oder Frontal) und des „Unfallpartners“ (ein deformierbares Fahrzeug oder ein nicht deformierbares Hindernis etc.).

Grundsätzlich lassen sich diese neuen Arten von Sicherheitssystemen mit den Stichworten „Unfälle vorbeugen“ (Erkennen – Warnen – Vermeiden) und „Verletzungsminderung“ (Identifizierung – Reaktion – Schutz) klassifizieren. In diesem Zusammenhang wird die Verschmelzung von aktiven Maßnahmen, die Unfällen vorbeugen, und passiven Maßnahmen zur Verletzungsminderung häufig mit dem Begriff der "Aktiven Passiven Sicherheit" bezeichnet.

Die genannten drei Gruppen von Sicherheitssystemen erfordern eine neue Sensorik und Aktuatorik mit einer leistungsfähigen Signalverarbeitung, die das Fahrzeugumfeld und die Fahrsituation in potentiellen Unfallszenarien sicher erfassen muss. Die hohe zu verarbeitende Datenmenge geht einher mit dem Bedarf an leistungsfähigen Schnittstellenkonzepten, Informationsnetzen und Bordrechnerarchitekturen. Die aktive und passive Sicherheit führen damit zu Anforderungen an die klassischen Systeme der Fahrzeugelektronik, die sich im Spannungsfeld zwischen der maximalen Fahrerinformation und -unterstützung, Insassenschutz, optimaler Wirtschaftlichkeit und den ständig wachsenden gesetzlichen Anforderungen bewegen müssen.

Der vorliegende Beitrag behandelt Maßnahmen zur aktiven und passiven Sicherheit anhand von Systemen zur Optimierung der Sicht des Fahrzeugführers und der Sicht von Fahrerassistenzsystemen zur Kollisionswarnung beziehungsweise -vermeidung. Damit steht die Fahrzeugbeleuchtung als eines der ältesten Sicherheitssysteme ebenso im Mittelpunkt der Betrachtung wie neuartige Umfellsensoren auf Basis von Lidar-, Radar- oder Bildverarbeitungstechniken.

2 Fahrzeugsysteme und vorausschauende aktive Sicherheit

Um die zukünftigen Anforderungen zur Erhöhung der Sicherheit des Straßenverkehrs zu erfüllen, darf das Fahrzeug während des Entwicklungsprozesses nicht mehr isoliert betrachtet werden, sondern es muss als Teil des Systems Fahrzeug, Fahrer/Fahrerassistenzsysteme und Verkehrsumgebung verstanden werden. Das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen diesen drei Elementen des „Systems Verkehr“ bietet Ansatzpunkte zur technischen Optimierung der Sicherheitskette des Fahrzeugs, **Bild 1**.

Ein sicherer Verkehrsablauf als Aus-

gangspunkt der Sicherheitskette von Verkehr, Fahrer und Fahrzeug verringert die Anzahl von Fahrsituationen, die potenziell zu einer Gefährdung der Fahrzeuginsassen und anderer Verkehrsteilnehmer führen könnten. Hierzu gehören Maßnahmen zur optimierten Anlage von Straßen ebenso wie eine gezielte Beeinflussung des Verkehrsablaufs durch ein Verkehrsmanagement. Insbesondere die Verringerung von Verkehrssituationen mit hoher Dynamik und demzufolge hoher Staugefahr auf Autobahnen mindert die Anzahl potenziell gefährlicher Fahrsituationen beziehungsweise Fahrzustände. Verkehrsbeeinflussungsanlagen mit angepassten Geschwindigkeitsbeschränkungen haben hier in der Vergangenheit bereits sehr gute Ergebnisse gezeigt: Als Beispiel für die Effekte der Verkehrsbeeinflussung kann die Linienbeeinflussungsanlage auf der Bundesautobahn BAB A 9 im Norden von München angeführt werden [1]. Hier wurden zur Verringerung der Verkehrsunfälle Wechselverkehrszeichen installiert, die eine verkehrszustandsabhängige Übermittlung von Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Stauwarnungen ermöglichen. Hierdurch konnte eine Reduzierung der Stop-and-go-Anteile um 90 % erzielt werden.

An der Schnittstelle von Verkehrssystem und Fahrmanöver, Bild 1, stehen Maßnahmen zur Risikovermeidung, die vor allem das Verhalten der Fahrer selbst betreffen. Die sichere Erkennung potenziell gefährli-

cher Verkehrs- und Fahrsituationen durch den Fahrzeugführer ist die Voraussetzung für die Risikovermeidung. Die visuelle Erfassung der Verkehrsumgebung spielt hierbei eine entscheidende Rolle: Die Informationen der sichtbaren Umwelt gelangen von den Augen in den Sehkanal, wo sie in Phasen verdichtet und abstrahiert werden, bis sich für den Fahrer daraus das Wissen über den Inhalt der Szene zusammenfügt. Deshalb spielt die richtige Beleuchtung eine große Rolle für die Sicherheit beim Fahren bei Nacht wie auch am Tag. Zur aktiven Risikovermeidung ist aber nicht nur das Fahrzeugsichtfeld zu verbessern, sondern die Sehverhältnisse sind allgemein zu optimieren. Hieraus resultiert die entschiedene Forderung nach bestmöglicher Ausleuchtung des eigenen Sichtfelds und optimaler Signalwirkung bei gleichzeitiger minimaler Blendung der Partner im Straßenverkehr. **Bild 2** zeigt das Potenzial weiterentwickelter Beleuchtungstechniken: Erst durch eine situationsadaptive Anpassung der Ausleuchtung (hier beispielhaft für den Autobahn- und für den Stadtverkehr) können potenziell gefährliche Situationen ausreichend früh erkannt werden.

Wird der Fahrer bei der Fahrzeugführung durch ein so genanntes Assistenzsystem unterstützt, muss dieses, insbesondere wenn das Fahrzeug selbst reagieren soll, über ähnliche Sinne zur Erfassung des Fahrzeugumfelds wie der menschliche Fahrer verfügen. Hierbei können prinzipiell

2 Fahrzeugsysteme und vorausschauende aktive Sicherheit



Bild 1: Das System Verkehr mit den Elementen Fahrzeug, Fahrer/Fahrerassistenzsysteme und Verkehrsumgebung in der Sicherheitskette

Figure 1: The System traffic with its elements vehicle, driver / driver assist systems and traffic environment in the safety chain

2 **Fahrzeugsysteme und vorausschauende aktive Sicherheit**



Bild 2: Risikovermeidung durch optimierte Ausleuchtung der vorausliegenden Strecke – heutiges Fahrzeuglicht (links) im Vergleich mit neuen Scheinwerfersystemen (rechts)

Figure 2: Risk prevention by optimized illumination of the track ahead, today's vehicle light (left) in comparison to new light systems (right)

Fahrzeugumgebungssensoren auf Basis der Radar- (Radio detection and ranging), Lidar- (Light detection and ranging) oder Bildverarbeitungstechnik eingesetzt werden.

Bei der Kollisionsvermeidung gehen optimierte Fahrmanöver und eine angepasste Fahrzeugtechnik Hand in Hand. Das Fahrzeug kann beispielsweise ein Stauende erkennen und gegebenenfalls eine Notbremsung selbständig durchführen. Ebenso sind automatische Ausweichmanöver zur Vermeidung eines Unfalls denkbar. Auch sind die „Sinne“ des Fahrzeugs und damit das Licht und die Fahrzeugumgebungssensoren von besonderer Bedeutung.

Den Abschluss der Sicherheitskette bilden die „klassischen“ Maßnahmen zur Minderung von Unfallfolgen durch Insassenschutz (passive Sicherheit) und ein optimiertes Rettungsmanagement, Bild 1. Im Rahmen dieses Beitrags stehen jedoch Technologien zur Risikovermeidung und Kollisionsvermeidung und somit optimierte, gegebenenfalls situationsadaptive Lichtsysteme und Fahrerassistenzsysteme im Mittelpunkt der Betrachtung.

3 Licht und Systeme zur aktiven Erfassung des Fahrzeugumfelds

Eine optimierte aktive und passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen benötigen die weitestgehend vollständige und zuverlässige Erfassung aller relevanter Informationen aus dem Fahrzeugumfeld. In diesem Sinn ist die Fahrzeuglicht eines der ältesten Sicherheitssysteme im Fahrzeug. Seine Fähigkeiten können in Zukunft deutlich erweitert werden und durch neuartige Sensorsysteme zur Erfassung des Fahrzeugumfelds (zum Beispiel auf Basis von Radar, Lidar und Bildverarbeitung) ergänzt werden. **Bild 3** zeigt die resultierenden Systeme zur Erfassung des Fahrzeugumfelds. Zur Verarbeitung der hiermit gewonnenen Informationen über die aktuelle Fahr- und Verkehrssituation dienen die vom Fahrzeug selbst erfassten Bewegungsgrößen (zum Beispiel Geschwindigkeit, Beschleunigung und Gierwinkel) und zukünftig auch Daten aus erweiterten digitalen Karten (zum Beispiel Straßentyp, Kurvenradien und Ge-

schwindigkeitsbeschränkungen). Interessanterweise werden wie beim Licht (Signalfunktionen) auch im Zusammenhang mit der Sensorik die Möglichkeiten, Informationen über den eigenen Status an andere Verkehrsteilnehmer zu übermitteln, zur Anwendung kommen. So könnten etwa aktive Nachtsichtsysteme sich gegenseitig blenden, wenn sie nicht durch Kommunikation die Möglichkeit bekommen, auf unterschiedliche Frequenzen oder ähnliches zu schalten.

3.1 Fahrzeuglicht

Durch den vermehrten Einzug der Elektronik in das Kraftfahrzeug wird die Lichttechnik neu definiert. Die wichtigsten Neuerungen sind:

- elektronische Lichtquellen mit Fahrzeuglebensdauer
- Aktuatorik in Scheinwerfern zum Ausgleich der Fahrzeugdynamik und zur adaptiven Lichtsteuerung
- Nutzung von sichtbaren und nicht sichtbaren Anteilen des Spektrums für Sensorik, Kommunikation und Fahrerassistenz.

3 Licht und Systeme zur aktiven Erfassung des Fahrzeugumfelds



Bild 3: Fahrzeuglicht und Systeme zur Erfassung des Fahrzeugumfelds [2]
 Figure 3: Vehicle light and systems for the registration of the vehicle environment [2]

Im Folgenden werden die Wechselwirkungen zwischen den sich in der Entwicklung befindlichen „intelligenten“ Licht-Systemen und dem Fahrzeugbordnetz im Hinblick auf die Fahr- bzw. Fahrzeugsicherheit betrachtet.

3.2 Elektronikschnittstelle eines modernen Scheinwerfers
 Scheinwerfer sind heute komplexe mechanische Systeme. Seit der Einführung des Xenon-Lichts besitzen moderne Scheinwerfer auch eine automatische Leuchtweitenregelung, die neben dem Ausgleich der verschiedenen Beladungszustände auch das Nicken bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen ausgleicht. Scheinwerfer mit Bi-Xenon-Licht, **Bild 4**, haben zudem noch einen Aktuator, der es ermöglicht, mit einem



Bild 4: Hauptscheinwerfer mit Bi-Xenon-Licht
 Figure 4: Main headlight with Bi-Xenon-light

Xenon-Brenner gleichzeitig Fern- und Abblendlicht zu erzeugen. Betrachtet man einen solchen Xenon-Scheinwerfer, so wird seine Schnittstelle zum Bordnetz über einen zehn- beziehungsweise elfpoligen Zentralstecker oder alternativ durch entsprechend viele Einzelstecker realisiert, **Bild 5**.

Die Ansteuerung der Leuchtweitenregelung erfolgt über ein Steuergerät im Fahrzeuginnenraum, welches Signale der Fahrzeuginnenraumsensoren an der Vorder- und Hinterachse sowie der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Status des Lichtschalters verarbeitet. Das Xenon-Vorschaltgerät und die Ansteuerung des Bi-Xenon-Moduls sind jeweils als separate Steuergeräte angeschlossen bzw. in den Scheinwerfer integriert.

3.3 Dynamisches Kurvenlicht mit variabler Lichttechnik

Bereits ab 2003 werden nach heutiger Einschätzung der Gesetzgebung Systeme mit dynamischem Kurvenlicht für den Straßenverkehr in Europa zugelassen. **Bild 6** zeigt das Herzstück eines solchen variablen Lichtsystems namens Varilis von Hella, einem Projektionsmodul, welches motorisch angesteuert die Lichtverteilungen von Abblend- und Fernlicht in Kurven reguliert. Für die Ansteuerung eines solchen Moduls und die weiteren im Scheinwerfer zu realisierenden Mechatronikfunktionen macht es Sinn, das Lichtsteuermodul im Scheinwerfer zu platzieren, um die Zahl der zuzu-

führenden Kabel gering zu halten. Beim zunächst angestrebten Konzept werden die zu verarbeitenden Informationen über eine serielle Schnittstelle bereitgestellt, **Bild 7**. Die relativ großen Leistungsflüsse für den Lampenbetrieb werden am Steuergerät vorbei direkt vom Bordnetz zu den Lichtquellen geführt.

3.4 „Intelligente“ Scheinwerfer

Bei Einführung weiterer Funktionen des sogenannten Advanced-Frontlighting-Systems (AFS) in den Scheinwerfer und unter Berücksichtigung von Halbleiter-Lichtquellen, Xenonlicht und möglicher Sensorintegration macht es Sinn, für die Zukunft die Idee des Lichtleistungsmoduls weiter zu entwickeln. **Bild 8** zeigt ein Steuergerät, welches in der Lage ist, bei den spezifischen Umgebungsbedingungen am „intelligenten“ Scheinwerfer, insbesondere den hohen anliegenden Temperaturen, neben dem Treiben der Aktoren, auch die komplette Leistungsversorgung für die Lampen zu übernehmen. Beim Einsatz eines solchen Lichtleistungsmoduls besteht durch eine direkte Anbindung des Scheinwerfers an den CAN-Bus die Möglichkeit, die Schnittstellenzahl zum Bordnetz zu minimieren. Weitere Aspekte der Funktionsintegration ergeben sich auf Seite der Steuergeräte im Scheinwerfer und bezogen auf die Gesamtfunktion eventuell auch im Fahrzeug, im Lichtschaltmodul oder dem Leuchtweitensteuerungsgerät, **Bild 9**.

3.2 **Elektronikschnittstelle eines modernen Scheinwerfers**

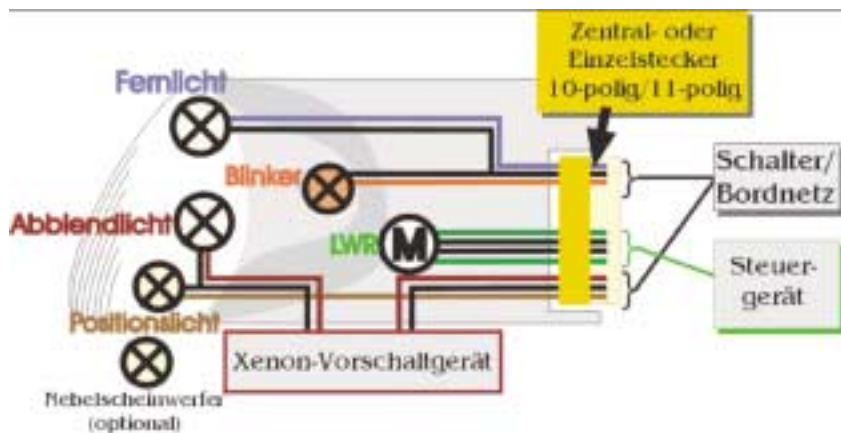


Bild 5: Bordnetzanbindung eines aktuellen Scheinwerfers
 Figure 5: Connection of an up to date headlight to the board computer network

3.3 **Dynamisches Kurvenlicht mit variabler Lichttechnik**

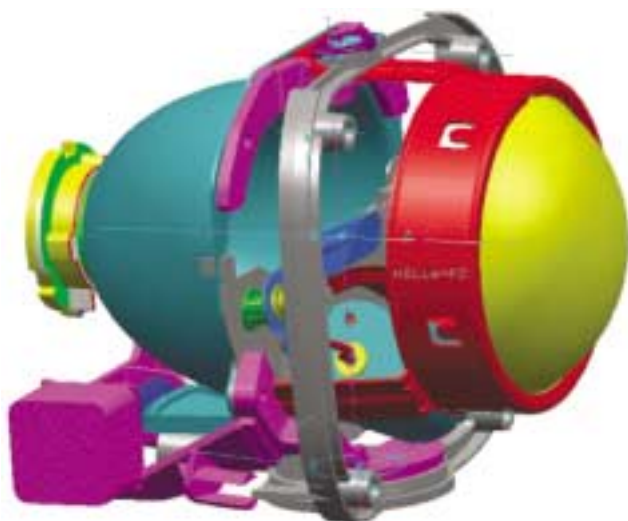


Bild 6: Projektionsmodul für das dynamische Kurvenlicht
 Figure 6: Projection Module for the dynamic curve light

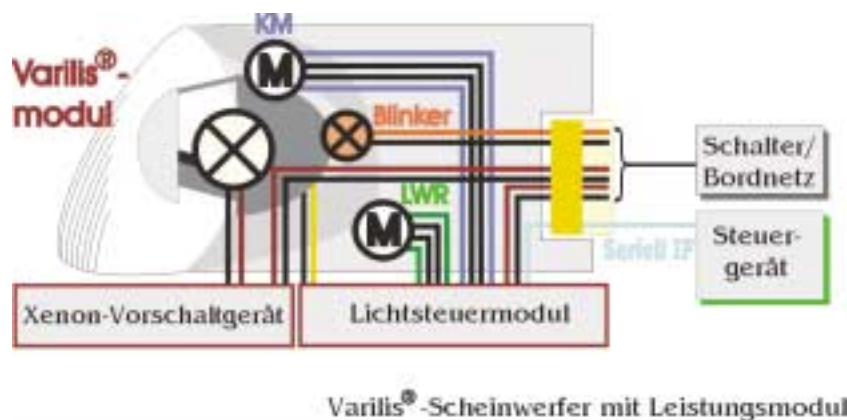


Bild 7: Bordnetzanbindung des Projektionsmoduls
 Figure 7: Connection of the projection module to the board computer network

Der Weg zu neuen lichttechnischen Funktionen, zu optimierter Assistenz des Fahrers und zu erhöhter Sicherheit wird in den nächsten Jahren durch den Einzug der Mechatronik in Fahrzeugscheinwerfer und Leuchten geprägt sein. Durch die wachsende Komplexität der Geräte insbesondere in Bezug auf Informationsverarbeitung und elektrische Energieflüsse stellt sich die Frage der Gestaltung der Bordnetzschnittstelle und der geräteintegrierten Steuerung erneut. Erste Konzepte werden schon sehr bald auf den Markt kommen. Weiterreichende Lösungen sind in Vorbereitung und können in enger Abstimmung zwischen Fahrzeughersteller und Systemlieferant entwickelt werden. Themen wie CAN-Sicherheit, Powerline Communication, LED-Technik und Infrarotsichtsysteme, aber auch Fahrzeugsicherheit und Fußgängerschutz mit Einsatz von Fahrzeugumfeldsensoren werden zu berücksichtigen sein.

3.5 **Sensoren zur aktiven Erfassung des Fahrzeugumfelds**

Fahrzeugumfeldsensoren messen im Allgemeinen den Abstand und die Differenzgeschwindigkeit in ihrem Erfassungsbereich. Hierbei werden Reichweiten von bis zu 200 m und Öffnungswinkel um 15° (Fernbereich) oder bis zu 180° (Nahbereich) erzielt, siehe Bild 3. Bei Abstandssensoren für den Fahrzeugeinsatz handelt es sich meist um Lidar-, Radar- oder bildverarbeitende Systeme. Die folgenden Darstellungen der Messprinzipien und Eigenschaften dieser Abstandssensorik entstammen Ehmanns et al. [3]; hier können auch vertiefende Informationen und weitere Quellen zum Thema gefunden werden. Weiterhin gibt Labahn [4] einen Einblick in zukünftige Anwendungsfelder und Technologien.

In der Lasermesstechnik, basierend auf der Lidartechnik, werden elektromagnetische Wellen als Mittel zur Entfernungsmessung eingesetzt. Die Wellenlänge liegt am Rande beziehungsweise außerhalb des menschlichen Sichtbereichs (also im Infrarotbereich). Die Grundbedingung für den Einsatz eines Lidarsensors als Entfernungsmesser im Kraftfahrzeug ist ein für Infrarotstrahlen freies Sichtfeld. Der Sensor kann also nicht beliebig verdeckt eingebaut werden. Abstandssensoren nach der Lidartechnik werden heute als mehrstrahlige und als scannende Sensoren ausgeführt und sind daher prinzipiell in der Lage, mehrere Objekte gleichzeitig zu erfassen. Lasersensoren zeichnen sich durch eine kostengünstige Bauweise bei gleichzeitig hoher Messgenauigkeit aus.

Das Messprinzip von Radarsensoren basiert im Gegensatz zur Lidartechnik auf elektromagnetischen Wellen im Gigahertz-

3.4 „Intelligente“ Scheinwerfer



Bild 8: Lichtleistungsmodul für „intelligente“ Scheinwerfer
 Figure 8: Light power module for “intelligent” headlights

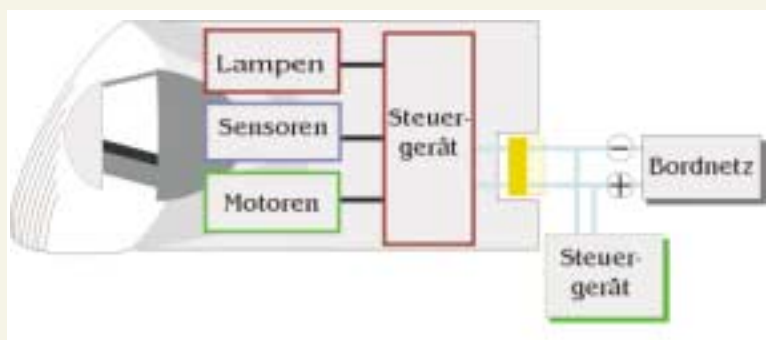


Bild 9: Bordnetzanbindung des Lichtleistungsmoduls
 Figure 9: Connection of the light power module to the board computer network

Bereich. Sensoren für den Fernbereich verwenden beim Fahrzeugeinsatz eine zugelassene Frequenz von rund 77 GHz und zirka 24 GHz im Nahbereich. Die Mehrziel-fähigkeit, das heißt das Erfassen von mehreren Zielen zur selben Zeit, ist gegeben. Die im Verkehr auftretenden Objekte werden in der Regel vom Radarsystem gut erkannt. Es lokalisiert in erster Linie metallische und wasserhaltige Strukturen. Der größte Vorteil bei der Verwendung von Mikrowellen ist die weitgehende weitgehende – allerdings nicht vollständige – Unabhängigkeit der Einsatzmöglichkeiten von Klimaeinflüssen wie Nebel, Regen und Schnee.

Bildverarbeitende Systeme basieren auf CCD- oder CMOS-Kameras, welche die gesamte Fahrsituation optisch erfassen. Das anschließend digitalisierte Bild wird mittels einer Objekterkennung analysiert. Die eingesetzte Kamera (beziehungsweise mehrere Kameras für Stereoanwendungen) wird meist hinter der Windschutzscheibe auf der Höhe des Innenspiegels Höhe beispielsweise im Dachknoten oder Dachmodul eingebaut.

Die Identifizierung der Objekte im 3D-

Raum und eine zusätzliche Verfolgung in der Zeit lassen eine virtuelle Welt im Rechner entstehen. Diese virtuelle Welt kann neben den Fahrzeugen und dem Straßenverlauf weitere für die Fahraufgabe wichtige Elemente wie Verkehrsschilder in hinreichend genauer Form enthalten. Ein besonderer Vorteil der Bildverarbeitungssysteme ist die Fahrbahnerkennung. Hierdurch kann direkt bestimmt werden, ob sich das erkannte Objekt auf der eigenen Fahrspur befindet. Die Sichtweite des Systems entspricht im Allgemeinen der des Menschen. Umweltbedingungen wie Regen, Nebel oder Schnee schränken dementsprechend die Reichweite ein.

Wie diese Ausführungen zur Sensortechnik zeigten, gibt es noch kein Sensor-konzept, das zumindest für den fließenden Verkehr allein eine jederzeit korrekte Erfassung des relevanten Objekts gewährleisten kann. Trotz vielversprechender Ansätze treten bei den heute verwendeten Radar- und Lidarsensoren immer noch Fehlmessungen auf, indem sie beispielsweise ein Objekt von der Nachbarspur als relevantes Ziel ausgeben, ein relevantes Ziel auf der eige-

nen Spur in der Kurve zu spät erkennen oder sich durch die Fahrumgebung beeinflussen lassen. Eine wesentliche Ursache hierfür ist die ungenügende Kurvenprädik-tion. Daher wird nach anderen Möglich-keiten geforscht, die Auswahl des relevanten Objekts durch eine genaue Spurvorhersage zu unterstützen. Eine vielversprechende Möglichkeit ist die Kombination verschie-dener Sensortechniken zu einem Gesamt-konzept. Allgemein wird dies unabhängig von der Art und Anzahl der verwendeten Sensoren als Sensorfusion bezeichnet. Als häufig favorisierter Ansatz wird die Verbin-dung von Bildverarbeitungssystemen mit der Radar- oder Lidartechnik gesehen.

Radar- und Lidarsensoren haben für den Fahrzeugeinsatz heute bereits Serienreife erreicht und werden vor allem in Systemen zur Active Cruise Control (ACC, automatische Regelung von Abstand und Differenz-geschwindigkeit) genutzt. Bildverarbeiten-de Sensorsysteme mit CCD-Kameras sind bisher nur für die Warnung vor dem Verlas-sen der sicheren Fahrspur bei Nutzfahrzeu-gen verwendet worden. Bei diesem kosten-günstigen Ansatz kommt eine einzelne Kamera in Verbindung mit einer wenig re-chenintensiven Datenverarbeitung zum Einsatz.

Sollen Fahrzeuge im Wesentlichen heu-te verfügbare Sensorsysteme verwenden, muss eine ausreichende Funktionalität led-iglich durch den Einsatz von Licht, Radar- und Lidarsensoren gewährleistet werden. Der Fusion dieser Technologien mit einem bildverarbeitenden Sensorsystem gehört jedoch sicherlich die Zukunft, wenn es ge-lingt, eine kostengünstige Lösung bereitzu-stellen, die nicht nur für die Funktionen der vorausschauenden Fahrerassistenz nutzbar ist, sondern auch für den Pre-Crash und Kollisionsvermeidungssysteme eingesetzt werden kann. Die Fusion von Licht, Radar- und Lidarsensoren mit einem System zur Auswertung digitaler Karten ist ein wei-terer vielversprechender Ansatz, falls geeig-netes Kartenmaterial verfügbar ist.

4 Vorausschauende Licht- und Fahrerassistenzsysteme

Voraussetzung für vorausschauende Licht- und Fahrerassistenzsysteme ist die Kennt-nis über vorausliegende Streckeneigen-schaften und die vorausliegende Verkehrs-situation. Dabei ist der Fahrer ohne Einsatz eines Assistenzsystems auf eigenes Wissen über die Eigenschaften einer Route oder im Fall unbekannter Strecken allein auf sei-ne Wahrnehmung im Sichtbereich ange-wiesen. Mit Hilfe von Fahrzeugumge-bungssensoren auf Basis von Radar-, Lidar- oder bildverarbeitenden Sensoren und von

4 Vorausschauende Licht- und Fahrerassistenzsysteme

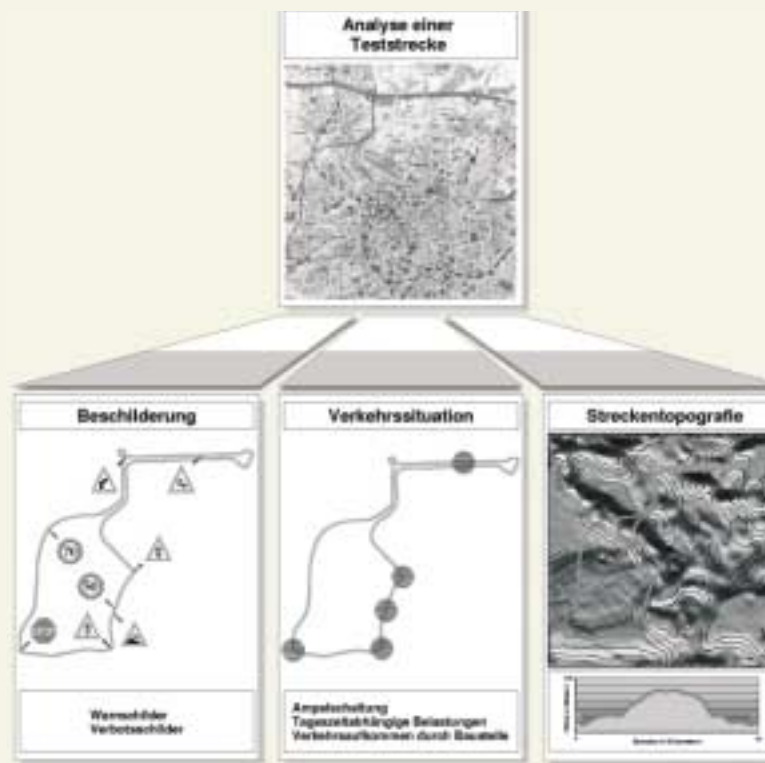


Bild 10: Relevante Streckeninformationen aus einer digitalen Karte für die vorausschauende Fahrweise – Beispiel einer Teststrecke in Aachen
 Figure 10: Relevant track information of a digital map for the predictive driving style – example of a test track in Aachen

Referenzen wie digitales Kartenmaterial mit ergänzenden Streckeninformationen können Streckeneigenschaften und Verkehrssituation grundsätzlich erfasst werden. In Bezug auf Beschilderung und Streckenverlauf bietet sich hier besonders der Einsatz erweiterter digitaler Karten an.

Ein komrender Streckenabschnitt wird über die Topografie, die Verkehrssituation und die Beschilderung charakterisiert, **Bild 10**. Die Analyse und Digitalisierung einer Fahrstrecke liefert Informationen, die eine vorausschauende Fahrweise auf verschiedenen Ebenen ermöglicht. Während die Fahrweise oder die Navigation mit der Information über vorausliegende Verkehrschilder kurzfristig beeinflusst und planbar wird, ergänzen Informationen über Verkehrsknoten oder die Streckentopografie eine längerfristig vorausschauende Fahrstrategie. Darüber hinaus sind beispielsweise Streckenabschnitte mit erhöhtem Verkehrsaufkommen archivierbar und Daten des Höhenprofils nutzbar.

4.1 Adaptive **Straßen- und Scheinwerferbeleuchtung**

Fahrzeug-, Scheinwerfer- und Leuchtmittelhersteller betreiben gemeinsam das europäische Forschungsprojekt AFS, Advanced Frontlighting System (Eureka-Projekt 1403), zur Verbesserung der heutigen Scheinwerfersysteme. Gegen 2005 werden sich die heutigen Bestimmungen für Abblend- und Fernlicht für adaptive Beleuchtungsfunktionen vom Kurvenlicht über Stadt-, Landstraßen- und Autobahnlicht bis hin zum Schlechtwetterlicht geöffnet haben. **Bild 11** zeigt zukünftige adaptive Lichtverteilungen auf.

Mechatronik wird die Umsetzung von adaptiven Beleuchtungsfunktionen ermöglichen. Für den Fahrer werden maximal drei Schaltfunktionen, wie sie auch heute schon für Nebel-, Fern- und Abblendlicht bestehen, zu betätigen sein. Die zusätzlichen Funktionen werden automatisch bei entsprechenden Fahrzuständen aktiviert. Das Beleuchtungssystem verlässt sich dabei auf Informationen zu Fahrzeugge-

schwindigkeit, Beschleunigung, Lenk- oder Kurvenradius, Umfeldleuchtdichten, Wetter sowie Straßenzustand oder Straßentyp. Die meisten Informationen sind heute schon über den Fahrzeugbus (CAN-Bus) zugänglich. Weitere Informationen können von zusätzlichen Sensoren und digitalen Karten abgegriffen werden.

Eine besondere Herausforderung liegt dabei in der vorausschauenden Richtungserkennung, um das Licht bereits vor dem Fahrzeug entsprechend lenken zu können. Neben elektronisch anzusteuern Lichtquellen und Sensoren wird insbesondere die Entwicklung und Einbindung spezifischer Aktuatoren und Steuerstrategien die Funktion von dynamisch adaptiven Beleuchtungssystemen maßgeblich bestimmen, **Bild 12**.

4.2 Vorausschauende aktive **Sicherheitsysteme**

Vorausschauende Sicherheitsysteme bieten die Möglichkeit zur aktiven Kollisionswarnung und -vermeidung, falls ausreichende Informationen über vorausliegende Streckeneigenschaften und die vorausliegende Verkehrssituation vorliegen. Heute verfügbare Assistenzsysteme wie das System ACC verfügen nur über eine sehr eingeschränkte Sicht auf den vorausliegenden Verkehrsablauf: Selbst im optimalen Fall können nur das vorausfahrende und das vor-vorausfahrende Fahrzeug erfasst werden. Aus diesem Grund handelt es sich bei den heute verfügbaren ACC-Systemen auch nicht um Sicherheitsysteme, sondern um reine Komfortsysteme zur Unterstützung der längsdynamischen Fahrzeugführung. Erst zukünftige Entwicklungsstufen des ACC-Systems werden sicherheitsrelevante Unterstützungsfunktionen adressieren können.

Neben den rein längsdynamischen Fahrerassistenzsystemen sind auch Systeme für die Querführung in der Entwicklung. So kann mit Hilfe eines Spurhalteassistenten dem Fahrer die Führung auf der Fahrspur erleichtert werden [5, 6]. Ein weiteres System unterstützt den Fahrer beim Spurwechsel. Es muss im Gegensatz zur Längsführung nicht nur das Führungsfahrzeug auf der eigenen Fahrspur, sondern auch den gesamten Verkehr vor und hinter dem Fahrzeug auf Fahr- und Zielspur berücksichtigen. Mit Hilfe geeigneter Sensorik werden Fahrzeuge im kritischen Bereich erkannt, siehe Bild 3, und die Fahrer durch optische (zum Beispiel Leuchten im Außenspiegel), akustische oder haptische (zum Beispiel Vibration des Blinkerhebels) Signale gewarnt. Ein sicherheitskritischer Spurwechsel kann auf diese Art verhindert werden.

4.1 Adaptive Straßenausleuchtung

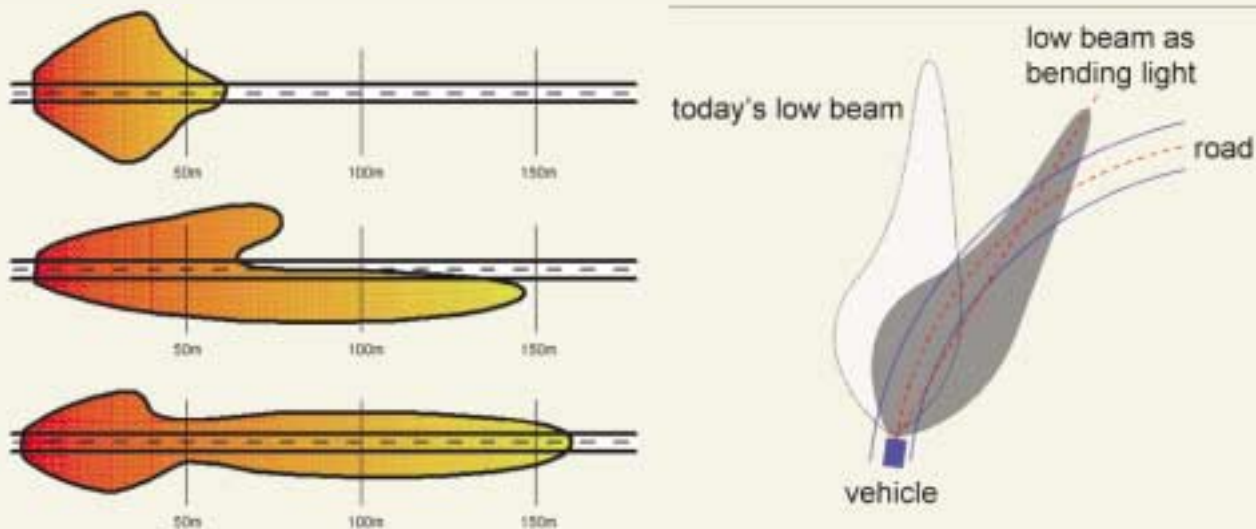


Bild 11: Zukünftige adaptive Lichtverteilungen für Geradeausfahrt (links) und Kurvenfahrt (rechts)
 Figure 11: Future adaptive light distributions for straight ahead driving (left) and curve driving (right)

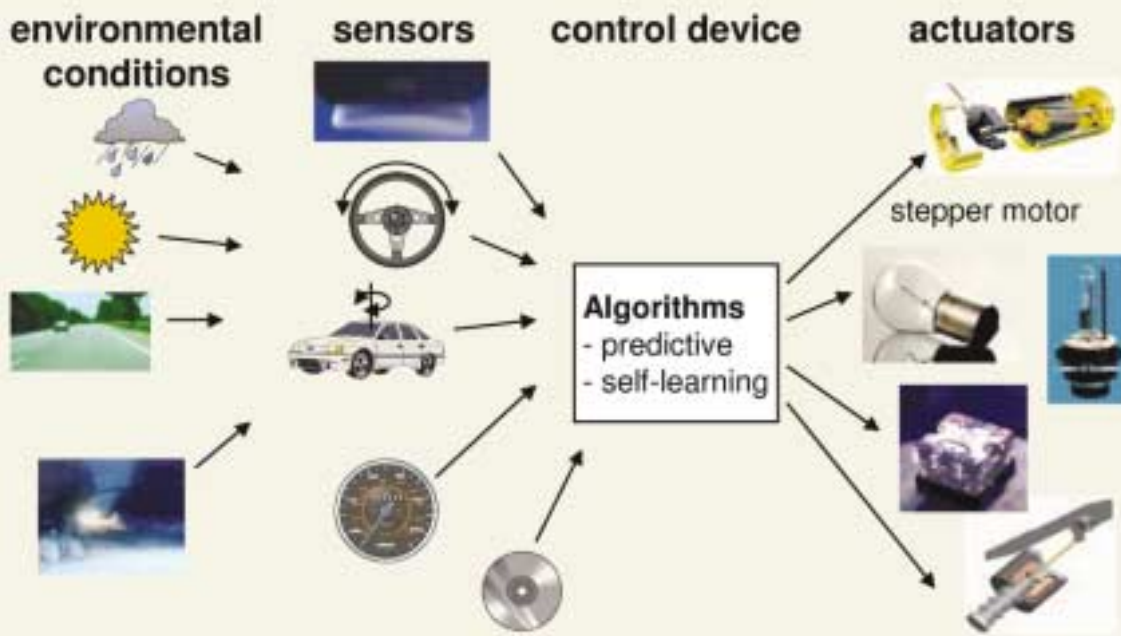


Bild 12: Überblick über Sensoren und Aktuatoren für ein dynamisch adaptives Scheinwerfersystem
 Figure 12: Survey of sensors and actuators for a dynamic adaptive headlight system

Die Warnung vor möglichen Kollisionen durch Systeme des so genannten Collision Warning (CW) geht über die Unterstützung hinaus. Dazu müssen in die Umfelderkennung auch stehende Ziele aufgenommen werden. Die Situationsinterpretation wird durch die Sicherheitsrelevanz sehr komplex. Es sind dann unkritische Hindernisse, wie innerstädtisch parkende Autos, von gefährlichen wie plötzlich auftretenden Stauenden zu unterscheiden. Eingesetzt werden

zu diesen Zweck so genannte scannende Sensoren auf Radar- oder Lidarbasis, die einen großen Erfassungsbereich haben. Anhand ihrer Daten lassen sich Hindernisse erkennen und ihre Lage genau ermitteln. Das Bremsmanöver ist vom Fahrer selbst einzuleiten. Akustische und optische Warnungen fordern diese dazu auf. Aktuatoren, welche die Fahrmanöver autonom durchführen, sind bei dieser Ausbaustufe nicht notwendig.

Diese Aktuatoren findet ihren Einsatz bei der Erweiterung des CW zum automatischen System der Kollisionsvermeidung, auch Collision Avoidance (CA) genannt. Hierbei werden Brems- und Ausweichmanöver automatisch eingeleitet. Das bedeutet, dass eine automatische Bremsensteuerung (zum Beispiel durch einen elektronisch geregelten Bremsbooster, Brake-by-wire-Systeme) notwendig wird. Die Funktionsweise der Bremse ist prinzipiell

dieselbe wie bei der Regelung mit ACC, nur dass bei der CA mit maximaler Verzögerung bis in den Stillstand abgebremst werden muss. Eine deutliche Erweiterung stellt die automatische Lenkung dar, welche die Ausweichmanöver steuert. Eine „aufgeschnittene“ Lenksäule ist ebenso denkbar wie die Lösung eines Steer-by-wire-Systems durch Überlagerungslenkung.

Bedingt durch die autonome Durchführung von Notfallmanövern steigen die Anforderungen an die vorausschauende Situationsinterpretation und damit an die Umfeldsensorik, vergleiche Abschnitt 3. Hier muss insbesondere die kombinierte Auswertung unterschiedlicher Sensordaten (zum Beispiel aus aktiven Lichtsystemen, Bildverarbeitung, Radar- und Lidarsensoren) realisiert werden, um auf eine möglichst breite Informations- und Datenbasis zurückgreifen zu können. Über Lichtsysteme und Bildverarbeitungssysteme wird es möglich sein, eine umfassende Analyse der Umgebung durchzuführen. Diese Informationen werden mit einem Radar- oder Lidarsensor verknüpft, der die genauen Bewegungsdaten der erkannten Objekte liefert.

5 Schlussfolgerungen

Die Verbesserung der Sicherheit von Verkehrsteilnehmern und Fahrzeuginsassen ist eines der Zukunftsthemen für die Fahrzeugentwicklung. So wird von der EU-Kom-

mission angestrebt, bis 2010 die Zahl der schweren Verkehrsunfälle auf Europas Straßen zu halbieren. Vor diesem Hintergrund werden, wie dargestellt, innovative Beleuchtungssysteme und sensorbasierte Assistenzsysteme zunehmend Einzug in Fahrzeuge halten und einen erheblichen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf der Straße leisten. Diese neuen technischen Systeme dienen vor allem zur Risikovermeidung und Vorbeugung von Unfällen im Sinne der Handlungskette Erkennen – Warnen – Vermeiden.

Trotzdem ist auf absehbare Zeit nicht davon auszugehen, dass das menschliche Sehen, welches 90 % der Informationen für das sichere Führen eines Kraftfahrzeugs liefert, durch technische Systeme vollständig substituiert werden kann. Vielmehr liegt die Kunst darin, den Menschen und seine Wahrnehmung zu verstehen und mit den technischen Lösungen optimal und situationgerecht zu unterstützen.

Innovative Lichtsysteme und Assistenzsysteme, aber auch das eng damit verknüpfte Thema Mensch-Maschine-Schnittstelle, müssen ganzheitlich gesehen werden. Dabei ist nicht die Fusion von Sensorsystemen wie Radar, Lidar oder Bildverarbeitung das Ziel, sondern Mittel zum Zweck. In diesem Sinn sind physiologische und psychologische Analysen ebenso wie das Wissen über das Verkehrsgeschehen von entscheidender Bedeutung für eine dem Menschen gerechte Adaption. Um-

fangreiches Wissen und Erfahrungen in diesem Sinn basieren insbesondere auf über hundert Jahren Entwicklung in der Kraftfahrzeugbeleuchtung.

Literaturhinweise

- [1] Metz, M.; Seika, M.: Die Luftqualität in Europa bis zum Jahre 2010 mit und ohne EURO-IV-Grenzwerte. VDI-Fortschritts-Berichte, Reihe 12 Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik, Nr. 3487, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1998
- [2] Breuer, K.: Interner Bericht des IKA Instituts für Kraftfahrwesen, RWTH Aachen, 2001
- [3] Ehmanns, D.; Neunzig, D.; Wallentowitz, H.; Weilkes, M.; Bölling, F.; Steinauer, B.; Richter, A.; Gaupp, W.: Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Fahrzeugtechnik, Heft F35, Bergisch Gladbach, 2001
- [4] Labahn, N.; Boehlari, C.: Unterstützung des Fahrers durch Umweltsensorik und intelligente Lichtsteuerung. VDI-Berichte, Nr. 1613, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001
- [5] Reichart, G.; Haller, R.: Mehr aktive Sicherheit durch neue Systeme für Fahrzeug und Straßenverkehr. In: Autofahrer und Verkehrssituation, Hrsg. W. Fastenmeier, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1995
- [6] Mehring, S.; Franke, U.; Suissa, A.: Optische Spurhaltung – Eine Unterstützung des Fahrers bei der Lenkaufgabe. Automatisierungstechnik, 1996, Nr. 5

For an English version of this article, see **ATZ worldwide**. For information on subscriptions, just call us or send an email or fax.



ATZ Vieweg Verlag · Postfach 1546 · D-65173 Wiesbaden
 Hotline 06 1178 78-151 · Fax 06 1178 78-429
 email: vieweg.service@bertelsmann.de