

Autonomes Fahren und Beleuchtung

SIND HEUTIGE SCHEINWERFER GUT GENUG FÜR SELBSTFAHRENDE AUTOS?

Sehen und gesehen werden – dieser Grundsatz ist seit den Anfängen der motorisierten Fortbewegung die Basis für einen sicheren und komfortablen Straßenverkehr. Wissenschaftler vom Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) erläutern, welche innovativen Technologien (Laserlicht) und Funktionen (blendfreies Fernlicht) bereits in aktuellen Fahrzeugen zum Einsatz kommen, um eine sichere Koexistenz konventioneller und autonomer Fahrzeuge sowie mit Passanten im Straßenverkehr zu ermöglichen.

Scheinwerfer mit Beamertechnologie

Für eine optimale Sicht des Fahrers müssen die Straße und deren nähere Umgebung hell beleuchtet werden. Bei Einbezug des entgegenkommenden Verkehrs wird sofort klar, dass eine helle Ausleuchtung nicht das einzige Ziel sein kann. Das Bestreben in der Lichtentwicklung ist also vielmehr, die optimale Sicht für alle Verkehrsteilnehmer in jeder Fahrsituation zu ermöglichen und insbesondere die Blendung für andere zu minimieren. Das klassische Abblendlicht und Fernlicht wird zunehmend durch adaptive Lichtfunktionen ersetzt. Für die Auswahl der passenden Lichtverteilung werden Fahrzeug- und Kameradaten ausgewertet.

Übersicht adaptiver Lichtfunktionen:

- Landstraßenlicht (entspricht dem klassischen Abblendlicht, also einer asymmetrischen Verteilung mit weiter Ausleuchtung des rechten Fahrbahnrandes)
- Stadtlicht (breite, aber nicht so weite Ausleuchtung der Straße wie beim Landstraßenlicht)
- Autobahnlicht (sehr schmale und weitreichende Lichtverteilung; am IPeG im Rahmen der Dissertation von Herrn Wolf als Lasersatzfernlicht umgesetzt)



- Kurvenlicht (Hineinleuchten in die Kurve)
- Blendfreies Fernlicht (Ausblendung von Gegenverkehr und reduzierte Beleuchtung von Verkehrsschildern)
- Markierungslicht (Beleuchtung oder Markierung von Gefahrenstellen)

Mit einem adaptiven Scheinwerfer in Kombination mit einer Frontkamera oder einem Radarsensor kann die Lichtverteilung so angepasst werden, dass entgegenkommende Fahrzeuge aus dem Lichtkegel ausgespart werden, um eine Blendung der Insassen zu vermeiden. Das Fernlicht kann damit zeitlich länger und häufiger genutzt werden. Diese Funktion des blendfreien Fernlichts wurde 2015 in PKW der Kompaktklasse mit acht einzeln schaltbaren LEDs eingeführt. Aktuelle Modelle der Oberklasse können mit 84

LEDs pro Scheinwerfer bereits eine Vielzahl adaptiver Scheinwerferfunktionen umsetzen.

Die nächste Innovation bahnt sich an: Die Integration einer bewährten Technologie aus Videoprojektoren führt zu einem Sprung der einzeln steuerbaren Elemente oder »Pixel« in einem Scheinwerfer auf 1.000.000 und mehr. An Universitäten und in Unternehmen wird momentan intensiv an der Integration dieser Technik in Scheinwerfer gearbeitet.

Konkret arbeitet das Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) an Technologien, mit denen diese hochauflösenden Scheinwerfer umgesetzt werden können. Um die aus Videoprojektoren bekannten LCD-Panels (LCD: Liquid Crystal Display) und Mikrospiegelarrays (DMD:

Digital Micromirror Device) zu integrieren, müssen die unterschiedlichen Anforderungen an einen Videoprojektor und an einen Scheinwerfer beachtet werden. Anforderungen bezüglich der Einsatztemperatur, Vibrationen und Verschmutzung sind für Fahrzeuge restriktiver. Auch ist die homogene (gleichmäßige) Ausleuchtung des Bildes, die für Videoprojektoren ein Qualitätsmerkmal ist, für Schein-

Fahren zwischen der Straße und dem Armaturenbrett wechselt. Die ständige Akkommodation an die veränderte Distanz führt zu einer Ermüdung der Augen. Eine Lösung dafür sind Head-Up Displays, die wichtige Informationen, zum Beispiel die aktuelle Geschwindigkeit, auf eine virtuelle Ebene vor dem Fahrzeug projizieren, sodass die Akkommodation entfällt. Der nächste Entwicklungs-

kommunizieren, überhaupt aufwändige und teure Scheinwerfer benötigen.

Die Antwort darauf ist eindeutig: Solange der Verkehrsraum ein offener und zugänglicher Bereich ist, wird es Verkehrsteilnehmer geben, die nicht digital vernetzt sind. Die Forschungen zum sogenannten kooperativen autonomen Fahren werden intensiver und untersuchen die spannende Frage, wie autonom agierende Fahrzeuge mit »analogen« Verkehrsteilnehmern kommunizieren können. Die Kommunikation über Licht bietet vielfältige und vielversprechende Lösungen, die in zwei Gruppen gegliedert werden können:



Abbildung 1
Projektion von Symbolen auf die Straße
Quelle: Institut für Produktentwicklung und Gerätebau

werfer dagegen eher hinderlich. Hier ist eine inhomogene Lichtverteilung mit einem Hotspot in der Mitte gefordert. Nur mit einer speziellen verzerrenden Optik, die am IPeG entwickelt und patentiert wurde, kann das erreicht werden.

Auch auf dem Gebiet der Entwicklung von Lichtassistenzsystemen ist das IPeG aktiv: Herr Jürgens entwickelte für seine Dissertation einen kontrastadaptiven Scheinwerfer, der eine an die aktuelle Adaption der Augen des Fahrers angepasste Lichtverteilung generiert, um die Eigenblendung durch Verkehrsschilder zu verhindern.

Die sehr hohe Auflösung des Systems ermöglicht eine weitere Funktion – die Projektion von Informationen oder Symbolen direkt auf die Straße. Das ist sinnvoll, da die Blickrichtung des Fahrers beim

schritt ist die Anzeige kontaktanaloger Informationen, also zum Beispiel Navigationshinweise, die direkt auf der realen Fahrbahn zu sehen sind (Abbildung 1). Hier zeigt sich das Potenzial der projizierenden Scheinwerfer für zukünftige Assistenzsysteme, da es möglich wird, Informationen für den Fahrer in die reale Welt, also auf die Straße, zu schreiben.

Autonome Fahrzeuge im Straßenverkehr

Die zuvor erwähnten adaptiven Lichtfunktionen unterstützen hauptsächlich den Fahrer des Fahrzeugs, indem sie situativ angepasst den Verkehrsraum ausleuchten. Es stellt sich die Frage, ob autonome Autos, die per GPS navigieren und per Funk mit anderen Fahrzeugen, Ampeln und Infrastruktur (Car-2-X)

- Systeme, die Informationen direkt am Fahrzeug über leuchtende Elemente anzeigen: Das können einfache LED-Leisten sein, die bereits im Fahrzeuginnenraum als Zierleisten eingesetzt werden, aber auch großflächige organische LED-Panels (OLEDs) oder LC-Displays. Der Vorteil dieses Ansatzes ist der hohe Kontrast, der eine Nutzung auch tagsüber erlaubt.
- Systeme, die Informationen auf die Straße projizieren oder in das Sichtfeld anderer Verkehrsteilnehmer projizieren.

Die Anforderungen an projizierende Lichtsysteme ähneln denen an adaptive Scheinwerfer. Im Unterschied zu der Projektion von Informationen für den Fahrer des projizierenden Fahrzeugs, sollen autonome Autos mit externen Verkehrsteilnehmern kommunizieren. Wie in *Abbildung 2* dargestellt ist, eignet sich für den Bereich direkt vor dem Fahrzeug ein hochauflösender Scheinwerfer. Neben oder hinter dem Fahrzeug bieten andere Systeme Vorteile – ein Beispiel dafür ist ein scannen-

Abbildung 2
Projizierter Zebrastreifen
Quelle: Institut für Produktentwicklung und Gerätebau



Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer

Jahrgang 1963, ist seit 2011 Leiter des Instituts für Produktentwicklung und Gerätebau. Außerdem ist er Vorstandsmitglied des Hannoverischen Zentrums für Optische Technologien (seit 2012) und im wissenschaftlichen Direktorium des Laser Zentrums Hannover (seit 2016). In Forschung und Lehre liegen seine Schwerpunkte im Gerätebau, der rechnergestützten Produktentwicklung und der Optomechatronik. Kontakt: lachmayer@ipeg.uni-hannover.de

der Laserscheinwerfer, der im nächsten Abschnitt vorgestellt wird.

Zusammen mit Designern der Hochschule Hannover haben Maschinenbaustudenten am IPeG in einer semesterbegleitenden Veranstaltung (»Masterlabor«) zum Thema »Licht spricht« Konzepte zur Kommunikation autonomer Fahrzeuge erarbeitet. In *Abbildung 3* projiziert ein Fahrzeug Symbole auf die Straße, die einem Fahrradfahrer zeigen, dass dieser von der Sensorik des Fahrzeugs erkannt wurde

scanner farbige Symbole erzeugen und erreicht bei einer kleinen Fläche eine höhere Beleuchtungsstärke. Außerdem ist der Scanner räumlich unabhängig von den Scheinwerfern im Fahrzeug integrierbar, er kann also auch hinter oder neben dem Fahrzeug projizieren.

Damit der Scanner auch bei heller Umgebung sichtbare Symbole erzeugen kann, muss die Ausgangsleistung des Systems erhöht werden. Hierfür ist insbesondere weitere Forschung an Laserdioden nötig.

Abbildung 3
Konzept zur Lichtkommunikation autonomer Fahrzeuge
Quelle: Institut für Produktentwicklung und Gerätebau

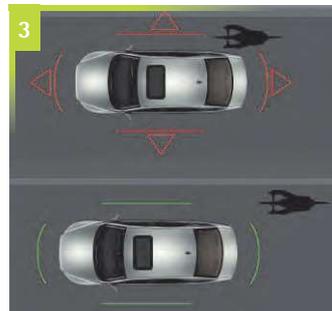


Abbildung 4
Designentwurf einer Leuchtfläche zur Kommunikation
Quelle: Institut für Produktentwicklung und Gerätebau



und der Sicherheitsabstand groß genug ist. *Abbildung 4* zeigt einen Designentwurf für eine Leuchtfläche, über die eine Kommunikation stattfinden kann.

Laserprojektion auf der Straße

In *Abbildung 5* wird ein Symbol von einem Prototyp eines Laserscanners (*Abbildung 6*) auf die Straße projiziert. Im Gegensatz zu der Projektion mit einem hochauflösenden Scheinwerfer kann der Laser-

Neben funktionalen Überlegungen spielt auch die Lasersicherheit eine wichtige Rolle bei der Entwicklung eines laserbasierten Lichtsystems. Das optische System zur Formung des Laserstrahls sollte so ausgelegt sein, dass die Divergenz des Strahls mit zunehmender Entfernung möglichst groß ist, die Flächenleistung nimmt damit ab. Auf Systemebene kann ein laserbasiertes Lichtsystem so integriert werden, dass ein Einschalten nur bei ausreichender Geschwindigkeit des Fahrzeugs möglich ist. Durch die zeitlich begrenzte Exposi-

tion der Augen mit Laserlicht wird eine Gefährdung reduziert.

Ausblick

Der am IPeG entwickelte hochauflösende Scheinwerfer vereint die Funktionen eines konventionellen Scheinwerfers und die eines Projektionsystems und ist damit bereits heute für autonome Fahrzeuge gerüstet. Auch der Laserscanner kann nicht nur für Projektionen für den Fahrer genutzt werden, sondern auch für die

**Dipl.-Ing. Gerolf Kloppenburg**

Jahrgang 1984, ist Gruppenleiter der Forschungsgruppe Optomechatronik und arbeitet seit 2012 am Institut für Produktentwicklung und Gerätebau. Seine Arbeitsschwerpunkte in Forschung und Lehre sind Fahrzeugscheinwerfer und laserbasierte Beleuchtungssysteme. Das Thema seiner Doktorarbeit ist die Konzeptionierung einer scannenden Laser-Projektionseinheit für den Einsatz am Fahrzeug. Kontakt: kloppenburg@ipeg.uni-hannover.de

**Dr.-Ing. Alexander Wolf**

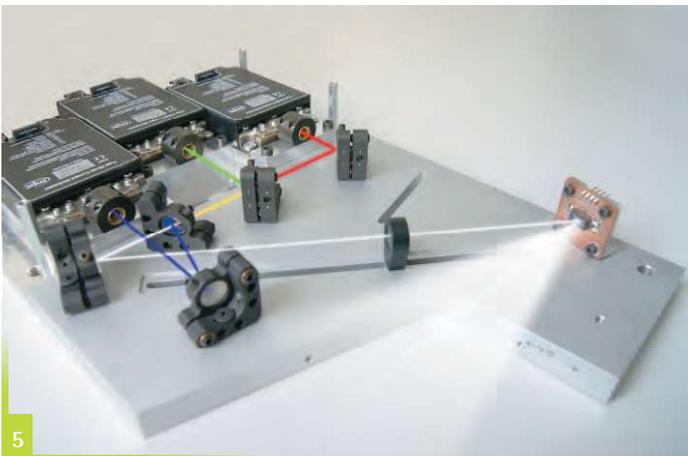
Jahrgang 1984, arbeitet seit 2011 am Institut für Produktentwicklung und Gerätebau. Seine Arbeitsschwerpunkte in Forschung und Lehre sind die Simulation und Konzeptionierung angepasster optischer Systeme. Kontakt: wolf@ipeg.uni-hannover.de

**M. Sc. Marvin Knöchelmann**

Jahrgang 1988, Maschinenbaustudium an der TU München, arbeitet seit 2016 am Institut für Produktentwicklung und Gerätebau. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung hochauflösender Fahrzeugscheinwerfer. Kontakt: knoechelmann@ipeg.uni-hannover.de

**Dipl.-Ing. Peer-Phillip Ley**

Jahrgang 1988, Maschinenbaustudium an der Leibniz Universität Hannover, arbeitet seit 2016 am Institut für Produktentwicklung und Gerätebau. Er befasst sich in der Forschung mit der Simulation optischer Beleuchtungssysteme für Fahrzeugscheinwerfer. Kontakt: ley@ipeg.uni-hannover.de



Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern. An die Entwicklung der optischen Geräte muss nun eine Validierung im Verkehrsraum folgen, in der viele spannende Fragen beantwortet werden können:

- In welchen Situationen ist eine Kommunikation sinnvoll und notwendig?
- Wo und wie groß müssen Symbole angezeigt oder

projiziert werden?

- Welche Symbole sind erkennbar und schnell verständlich?
- Welcher Kontrast (und damit welche Beleuchtungsstärke der entwickelten Systeme) ist notwendig, um die Sichtbarkeit sicherzustellen?
- Wie werden die Projektionen von Verkehrsteilnehmern akzeptiert?

Um diese Fragen zu beantworten und um die entwickelten Prototypen im Einsatz zu validieren, wurde am IPeG ein Versuchsträger ausgerüstet, mit dem Messungen und Probandenstudien im realen Straßenverkehr durchgeführt werden (Abbildung 7). Erste erfolgreiche Testfahrten lassen interessante Forschungsergebnisse in der Zukunft erwarten.

Abbildung 5

*Ein kleiner Laserscanner
Quelle: Institut für Produktentwicklung und Gerätebau*

Abbildung 6

*Versuchsfahrzeug mit hochauflösenden Scheinwerfern
Quelle: Institut für Produktentwicklung und Gerätebau*