

# Aktive Scheinwerfer zur subtraktiven Lichtverteilungserzeugung

Rainer Kauschke\*, Karsten Eichhorn\*\*, Jörg Wallaschek \*

\*L-LAB, Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut

\*\*Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt

<mailto:rainer.kauschke@L-LAB.de>

Aktive Scheinwerfer werden als Nachfolger adaptiver Scheinwerfersysteme (AFS) diskutiert. Sie unterstützen den Fahrer aktiv in seiner Wahrnehmung. Deren Lichtverteilungen werden u.a. subtraktiv durch DMD™- oder LCoS-Chips erzeugt. Die hohe Flexibilität der optischen Systeme und Lichtfunktionen erfordert systemseitig einen höheren Energieeinsatz.

## 1 Einführung

Die Verkehrssicherheit bei Nacht wird maßgeblich durch die Lichtfunktionen der Scheinwerfer bestimmt. Bisher sind Abblend-, Fern- und Nebellicht, Tagfahrlicht sowie das statische und dynamische Kurvenlicht gesetzlich zulässig. Darüber hinaus werden in Zukunft aktive Scheinwerfer fahrerspezifische, situationsabhängige Lichtfunktionen in Kombination mit markierendem Licht und einer Displayfunktion offerieren. In diesem Beitrag sollen die subtraktiven Arten der Lichtverteilungserzeugung mit DMD™- und LCoS-Chips vorgestellt werden. Der Unterschied in dem Aufbau der Optikkonzepte und ein erster Überblick über deren Leistungsvermögen werden vorgestellt. Durch den Aufbau der Optikkonzepte der Aktiven Scheinwerfer sind frei programmierbare Lichtverteilungen innerhalb der Systemgrenzen erzielbar.

## 2 Stand der Technik

Mit der heutigen Kfz-Scheinwerfertechnik ist es nur möglich, zwischen fest definierten Lichtverteilungen zu wählen, wie Abblend-, Fern- und Nebellicht, statischem und dynamischem Kurvenlicht. AFS-Scheinwerfersysteme (AFS = Adaptive Frontlighting System) bieten ab 2006 zusätzliche Lichtfunktionen an, wie Stadt-, Autobahn- und Schlechtwetterlicht.

## 3 Lichtfunktionen des Aktiven Scheinwerfers

Aufbauend auf den Lichtfunktionen der adaptiven Scheinwerfer soll der Fahrer in Zukunft in seiner Wahrnehmung im Straßenverkehr unterstützt werden, d.h. der Fahrkomfort und die Verkehrssicherheit werden durch assistierende, aktive Scheinwerfer zusätzlich gesteigert. Diese aktiven Scheinwerfer reagieren nicht nur auf die gefahrene Geschwindigkeit, Lenkbewegungen, GPS-Signale oder die Witterungsbedingungen, sondern sie unterstützen den Fahrer durch eine gezielte Anleuchtung von potenziellen Gefahrenobjekten im Verkehrsraum. Das mögliche Einblenden von gezielten Informationen innerhalb der Lichtverteilung,

d. h. in einem großen Raumwinkelbereich, ist ein weiterer Beitrag zu mehr Verkehrssicherheit, da die Adaptations- und Akkommodierungsanforderungen für den Fahrer beim Ablesen von Informationen vom Fahrzeug gegenüber dem Ablesen von Head-down-Display-Informationen deutlich reduziert werden können. Der Aktive Scheinwerfer bietet aus nur einer Austrittsöffnung Lichtverteilungen, die in weiten Grenzen frei programmiert werden können. Mögliche Lichtfunktionen lassen sich in sechs Funktionskategorien gliedern:

1. Fahrerspezifisches Licht
2. Straßensituationsabhängiges Licht, AFS+
3. Verkehrssituationsabhängiges Licht, blendfreies Fernlicht im Begegnungs-/ Kolonnenverkehr
4. Markierungslicht für Gefahrenquellen
5. Displaylicht für physiologisch leicht ablesbare Hinweise vom Fahrzeug an den Fahrer und die
6. Kommunikationsfunktion zwischen Fahrzeugen zur Verkehrsflusslenkung und den Notfall.

Beim fahrerspezifischen Licht kann der Fahrer im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten zwischen verschiedenen Ausprägungen der Lichtverteilungen wählen, so dass er z. B. eine unterschiedlich scharfe Hell-Dunkel-Grenze oder ein in seinem Lichtstärkeverlauf variiertes Vorfeld auswählen kann. Weitere Details zu den Lichtfunktionen entnehmen Sie bitte den bisherigen [4], [9] und den zukünftigen Veröffentlichungen [6], [7].

## 4 Erzeugung variabler Lichtverteilungen

Lichtverteilungen können additiv z. B. über mehrere „Einfunktions“-Scheinwerfer oder LED-Arrays, subtraktiv über Blenden, z.B. Projektionsscheinwerfer, Mikrospiegelarrays, z.B. DMD (Digital Micromirror Device™[ti], oder Flüssigkristall-Displays, z.B. LCD oder LCoS (Liquid Crystal on Silicon), oder über variable optische Elemente, z.B. Scannender Scheinwerfer [5] erzeugt werden [9]. Hier soll nur auf die subtraktiven Lichtverteilungsverfahren genauer eingegangen werden. Zum Aufbau

der DMD-, LCD- und der LCoS-Chips wird auf die einschlägige Literatur u.a. [2], [3] verwiesen.

## 5 Subtraktive Lichtverteilungserzeugung

Zum besseren Vergleich der beiden pixelweise ansteuerbaren, subtraktiv erzeugten Lichtverteilungen durch DMD™- und LCoS-Chips bzw. – Arrays sollen die beiden optischen Systeme aus drei Bestandteilen aufgebaut sein [1], [6], [7], [8]. Die Einkoppeloptik besteht jeweils aus der Lichtquelle, z.B. einer Kurzbogenlampe, einem Reflektor, z.B. Ellipsoid- oder Paraboloid-Reflektor, und je nach Ausführungsform aus einer Lichtlenkung auf die jeweiligen Arrays. Zusätzlich weist der LCoS-Aufbau einen möglichst effizienten Polarisator auf, der nur eine Polarisationsrichtung an den LCoS-Chip weiterleitet. Die Mitteloptik besteht aus den frei adressierbaren Arrays (z.B. DMD oder LCoS) und beim LCoS-Chip zusätzlich aus wenigstens einem PBS, einem polarisierenden Strahlteiler. Die Trennung der vom LCoS-Chip gedrehten oder nichtgedrehten Lichtstrom-Polarisationsrichtungs-Anteile kann auch z.B. über Polarisationsfilter erfolgen. Die Auskopplungsoptik besteht aus einer abbildenden Optik, die durch eine große Apertur und einen geeigneten Abbildungsmaßstab, die frei programmierbaren „Blenden-Arrays“ auf die Straße bzw. die Bild-Fläche abbildet. Der Begriff „Blenden-Arrays“ kann verwendet werden, da bei diesen Verfahren in den meisten Lichtfunktionen jeweils ein Teil des einfallenden, eingekoppelten Lichtstroms entweder vom DMD-Chip auf einen Absorber ausgeblendet wird oder beim LCoS-Chip durch das Beibehalten der einfallenden Polarisationsrichtung in den Einkoppelstrahlengang zurückreflektiert wird, in dem das Licht dort in Wärme umgewandelt wird. Auch hier wirkt der LCoS-Chip in Kombination mit in Polarisationsrichtung selektiven Elementen als pixelweise schaltbare Blende bzw. Reflektor. Beide Arrays haben den Vorteil, dass die Energie des, je nach Lichtfunktion, ausgeblendeten Lichts nicht im pixelweise adressierbaren Array abgeführt werden muss. Beim DMD-Chip wird der Verlust-Energiestrom auf den Absorber, eine schwarze, mit hohem Absorptionsgrad ausgestattete „Lichtfalle“ gelenkt. Beim LCoS-Chip wird der Verlust-Energiestrom auf den oder die Polarisationsfilter oder in den Einkoppelstrahlengang zurückgelenkt, in dem dieser Lichtstrom durch jeweils verlustbehaftete Mehrfachreflexion in IR-Strahlung gewandelt wird. Die Kühlung dieser „Lichtfallen“ ist daher ein wichtiger Bestandteil der optischen Scheinwerfersysteme, die mit einer subtraktiven Lichtverteilungserzeugung arbeiten.

## 6 Leistungsvermögen der Systeme

Im Vergleich zu bisherigen Projektionsscheinwerfern, die einen sehr hohen Optimierungsgrad in der Lichtstromlenkung und –nutzung im Verkehrsraum

aufweisen, haben die ebenfalls subtraktiv erzeugten DMD- und LCoS-Scheinwerfer eine hohe Flexibilität in der frei programmierbaren Lichtverteilungsansteuerung. Diese Flexibilität muss mit einem mindestens ca. 1,5 fachen Energieeinsatz für die Lichtstromerzeugung ausgeglichen werden, Tab1. Hohe Verlustbringer sind der DMD™-Chip mit ca. 68% Gesamt-Wirkungsgrad (vgl. Flächennutzungsgrad) oder die Polarisierung und die Zahl der Optikelemente beim LCoS-Scheinwerfer.

Lichtströme (Wirkungsgrade)	DMD-Scheinwerfer	LCoS-Scheinwerfer	Projektions-Scheinwerfer
Lichtquelle	14000 lm	14000 lm	3200 lm
Abblendlicht	1150lm (8,2%)	in Bearbeitung	1100lm (34%)
Fernlicht	1750lm (13%)	in Bearbeitung	1700lm (53%)

Tab. 1 Lichtströme der subtraktiven Systeme

## 7 Zusammenfassung

Je nach Lichtfunktion der subtraktiv erzeugten Lichtverteilungen der DMD- und LCoS-Scheinwerfer variiert der Wirkungsgrad. Die hohe Flexibilität dieser Kategorie der Aktiven Scheinwerfer muss mit einem erhöhten Energieeinsatz, bedingt durch die komplexeren, optischen Systeme, erkauft werden. Dennoch sind die Möglichkeiten der neuen, sichereren aktiven Lichtfunktionen und Scheinwerfer faszinierend und vielversprechend.

## 8 Literatur

- [1] K. Büttner, „...LCoS-Scheinwerfer...“ Diplomarbeit Hella KG – TU Dresden (2003)
- [2] W. Castellion, „Bewertung bildgebender Projektionsverfahren für zukünftige Scheinwerferkonzepte“ Diplomarbeit Hella KG – TU Ilmenau (2000)
- [3] K. Eichhorn, „Fibre-optic technology-Technology for the headlamps of the future“, *PAL 1999*
- [4] M. Enders, „Pixellight“, TU Darmstadt, *PAL 2001-Konferenz – Progress in Automotive Lighting*
- [5] M. Götz, R.Kauschke, E.Härmens, „Scannender Scheinwerfer“, Poster *DGaO 2004*
- [6] R. Kauschke et al.: „Adaptive Scheinwerfer – ein Technologieüberblick“, *Licht 2004-Konferenz*
- [7] R. Kauschke: „Systematik zur lichttechnischen Dimensionierung von aktiven Scheinwerfern“, Dissertation, HNI, Uni Paderborn, 2005 vorauss.
- [8] A. Sprenger, D. Nölkel, T. Mönchmeier et al.: „...DMD-Scheinwerfer...“, Diplomarbeiten Hella KG – FH Emden, FH Aalen, FH Bielefeld, (2002-2004)
- [9] J. Wallaschek, R.Kauschke, K.Eichhorn, „Aktive Lichtsysteme für das Kraftfahrzeug“, 5. VDI Mechatronik-Tagung 2003, Fulda
- [10] <http://www.L-LAB.de>
- [11] <http://www.hni.upb.de/mud/forschung>