

Entwicklung eines optischen Konzeptes zur Nutzung eines DMD in einem aktiven Scheinwerfer

Alexander Günther
L-LAB
Salzkottener Str. 1
33106 Paderborn

1. Kurzfassung

Heutige Kfz-Scheinwerfersysteme verfügen über die Möglichkeit ihre Lichtverteilung an die Verkehrssituation in einer vordefinierten Weise anzupassen. Zukünftige aktive Scheinwerfersysteme können ihre Lichtverteilung noch dynamischer an die aktuelle Verkehrssituation anpassen. Eine mögliche Lösung für einen aktiven Scheinwerfer besteht in der Verwendung eines digitalen Mikrospiegelbauteils (DMD) [End01]. Dieses Bauteil ermöglicht es, adaptive Lichtverteilungen durch Modulation der Lichtverteilung in jedem Pixel auf eine subtraktive Art zu erzeugen. Um ein optisches System für einen DMD-Scheinwerfer zu entwickeln war es notwendig einen Projektionsscheinwerfer und einen DMD Projektor zu analysieren. Vor allem speziell die Entstehung der Lichtverteilung im Projektionsscheinwerfer musste näher untersucht werden. Den Vorgang einen DMD-Scheinwerfer zu entwickeln kann man in zwei Teile gliedern: a.) Beleuchtung des DMD b.) Abbildung des DMD auf die Straße. In einem DMD Projektor ist die Beleuchtung des DMD ein sehr komplexes System mit vielen Elementen. Einige dieser Elemente sind für einen Kfz-Scheinwerfer nicht notwendig. Die Beleuchtung des DMD kann vereinfacht werden, wenn man diese Elemente vernachlässigt. Das Abbildungssystem für das DMD muss das Bildseitenverhältnis von 4:3 (DMD) auf 7:2 (Lichtverteilung auf der Straße) ändern.

2. Stand der Technik

Mit den heutigen Kfz-Scheinwerfern ist es nur möglich zwischen fest definierten Lichtverteilungen umzuschalten. Bei nächtlichen Fahrten auf Landstraßen ist das Informationsdefizit gegenüber einer Tagfahrt am größten. Neben einer guten Ausleuchtung der Straße bei dem Hindernisse und der Verlauf der Straße erkannt werden sollen, stellt die Blendung des Gegenverkehrs hier ein großes Problem dar [Ros05]. Zur Verminderung dieses Problems werden Lichtfunktionen wie blendfreies Fernlicht und markierendes Licht für Gefahrenpotentiale und Verkehrszeichen diskutiert. Um solche Lichtverteilungen zu erzeugen, benötigt man einen Scheinwerfer der seine Lichtverteilung dynamisch an die Umgebungssituation anpassen kann. Technologien, die eine solche Anpassung der Lichtverteilung erlauben sind in anderen Bereichen bereits bekannt. Digitalprojektoren bieten die Möglichkeit ihre Lichtverteilung in jedem Pixel individuell zu verändern. Um solche Prinzipien in einem Kfz einzusetzen, müssen sie verändert und angepasst werden. Für die Realisierung zukünftiger Scheinwerfersystem gibt es zwei unterschiedliche Methoden: die subtraktive und die additive Erzeugung der Lichtverteilung. Heutige Projektionsscheinwerfer arbeiten nach dem subtraktiven Prinzip. Diese Scheinwerfersysteme besitzen Blenden, die statisch oder beweglich montiert sind. Durch Form und Lage der Blende wird die Lichtverteilung beeinflusst. Um mit einem solchem System eine dynamische Lichtverteilung zu erzeugen, muss die Blende flexibler gestaltet werden. Eine Variante einer solchen flexiblen Blende stellt ein DMD-Chip dar. Dieser Chip ist in der Lage die Lichtverteilung in jedem Pixel individuell zu modulieren.

Die Alternative zur subtraktiven Lichtverteilungserzeugung stellt das additive Verfahren dar. Hier werden die einzelnen Teile der Lichtverteilung über separate Lichtquellen erzeugt. Durch individuell Ansteuerung der Lichtquellen wird die dynamische Lichtverteilung erzeugt. Für dieses Verfahren bieten sich LED-Array Lichtquellen an. Diese Arrays bestehen aus einer Vielzahl von einzeln ansteuerbaren LED-Chips.

3. Analyse des Projektionsscheinwerfers

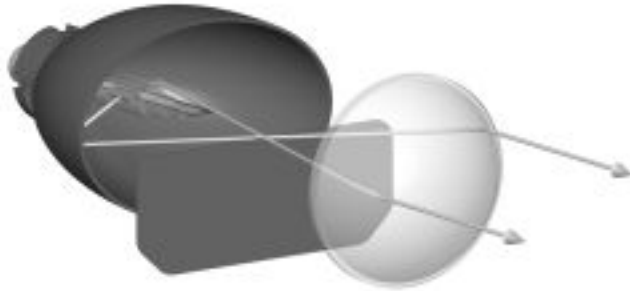


Abbildung 1: Projektionsscheinwerfer

Basis des Projektionsscheinwerfers ist ein nicht rotationssymmetrischer Reflektor. Dieser Reflektor erzeugt eine Hot Spot Lichtverteilung in einer Feldebene, die der Lichtverteilung auf der Straße ähnlich ist. Die Lichtverteilung in dieser Feldebene wird durch die Linse auf die Straße abgebildet. Durch die eingefügte Feldblende wird die Hell-Dunkel-Grenze erzeugt.

4. Analyse des Projektionsscheinwerfers

- **DMD Technologie**

Ein DMD besteht aus 1024x768 oder 1280x1024 Mikrospiegeln. Diese Spiegel können um 12° , wie in Abbildung ... schematisch dargestellt, verkippt werden. Wird der Mikrospiegel in der Ein-Position (um $+12^\circ$ Verkippt) aus $+24^\circ$ beleuchtet, wird das Licht in Richtung 0° , in die Richtung der Projektionsoptik reflektiert. Ist der Mikrospiegel in die Aus-Position gekippt, wird das Licht in Richtung -48° auf den Absorber reflektiert.

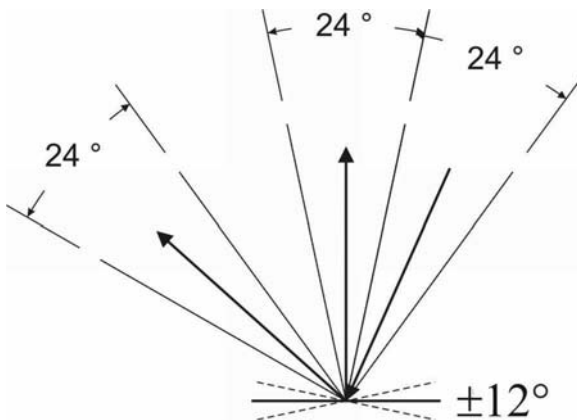


Abbildung 2: Mikrospiegel schematisch

Die Mikrospiegel werden digital angesteuert. Nur die verkippten Positionen sind einstellbar. Um Graustufen darzustellen, werden die Spiegel sehr schnell zwischen den

beiden Positionen hin- und herbewegt. Da die zeitliche Auflösung des Auges beschränkt ist, werden diese schnellen Wechsel als Graustufen wahrgenommen. Für das in den folgenden Simulationen verwendete DMD sind in Tabelle 1 einige Daten dargestellt:

Spaltenzahl	1024
Zeilenzahl	768
Pixelabstand	13,68 μm
Breite	14,008 mm
Höhe	10,506 mm
Kippwinkel	12°
Rotationsachse	45°
DMD Effizienz	68%

Tabelle 1: Technische Daten des DMD [DMD05]

• Bauteile eines DMD Projektors

Ein DMD Projektor besteht aus Lampe, Reflektor, Filter, Integrator, Feldspiegeln, Relayoptik, DMD und Projektionsoptik [Stu99]. Abbildung ... zeigt die schematische Struktur eines DMD Projektors.

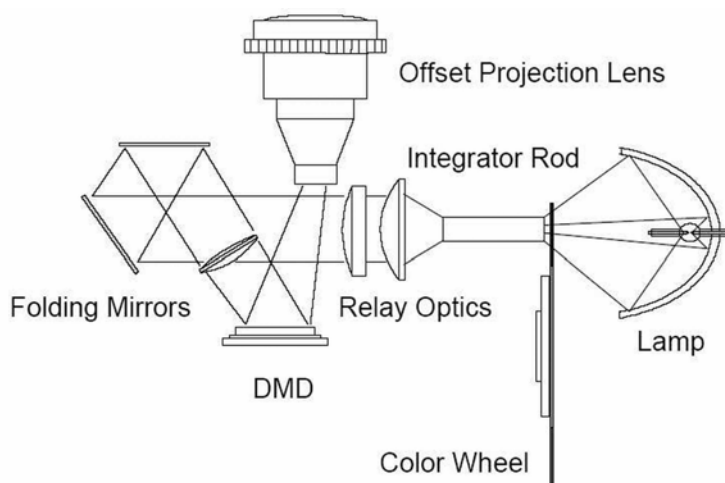


Abbildung 3: Struktur eines DMD Projektors [Tex05]

Die Eigenschaften und Aufgaben einzelner Komponenten sind im folgenden dargestellt [Tes05] :

- Lampe
 - Lampen mit hohen Lichtströmen werden aufgrund des geringen Leuchtenwirkungsgrades benutzt
- Filter
 - Um die Erwärmung des DMD zu vermeiden werden IR-Filter eingesetzt
 - Um organische Materialien zu schützen, werden UV-Filter verwendet
- Reflektor
 - Meistens Paraboloid oder Ellipsoid Form
 - Fokussiert das Licht der Lampe für den Integrator
- Farbrad
 - Besteht aus den Segmenten Rot, Grün, Blau und Weiß
 - Notwendig zur Darstellung von Farben
- Relayoptik
 - Bildet das Farbrad auf das DMD ab

- Feldspiegel
 - Falten den Strahlengang, um den Bauraum zu minimieren
- DMD
 - Erzeugt durch das Schalten von Licht das Bild
- Projektionsoptik
 - Bildet das DMD auf die Projektionswand ab

5. Synthese eines DMD Scheinwerfers

Nach Analyse von DMD Projektor und Projektionsscheinwerfer kann mit der Synthese des DMD Scheinwerfers begonnen werden. Beiden Systemen ist gemeinsam, dass sie in einer Feldebene eine Beleuchtungsstärkeverteilung erzeugen und diese dann abbilden. Jedoch sind beide Systeme sehr spezifische Systeme, da sie unterschiedliche Anforderungen erfüllen müssen. Im Folgenden soll geklärt werden, welche Anforderungen an einen DMD Scheinwerfer gestellt werden und welche Bauelemente nötig sind um diese zu erfüllen. Ein DMD Scheinwerfer muss eine Hot Spot Lichtverteilung erzeugen. Somit ist der Integrator der eine homogene Lichtverteilung erzeugt nicht notwendig. Um einen hohen Leuchtenwirkungsgrad zu erzielen, muss der Hot Spot bereits auf dem DMD erzeugt werden. Ein Scheinwerfer erzeugt weißes Licht. Folglich wird das Farbrad nicht benötigt. Um einen hohen Leuchtenwirkungsgrad zu erzielen, sollte die Zahl optischer Element so gering wie möglich sein. Die Projektionsoptik muss das Aspektverhältnis von 4:3 (DMD) auf 7:2 (Beleuchtungsstärkeverteilung auf der Straße) ändern.

6. erste Simulationsergebnisse

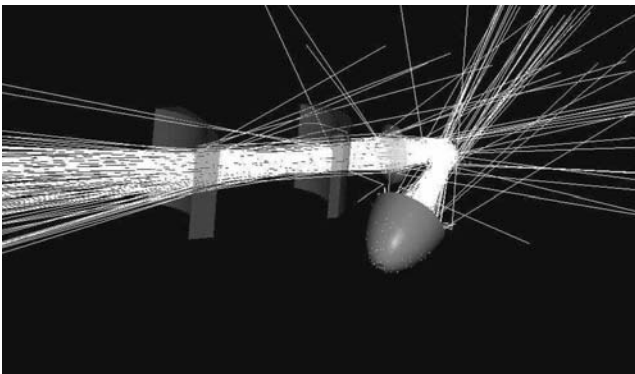


Abbildung 4: optisches System

Das in Abbildung 4 gezeigte System besteht aus einem Ellipsoidreflektor zum Beleuchten des DMD und einer Projektionsoptik, die aus einer sphärischen und zwei Zylinderlinsen besteht, wobei die Zylinderlinsen das Aspektverhältnis ändern. Abbildung 5 zeigt die so erreichte Beleuchtungsstärkeverteilung auf der 25 m entfernten Wand.

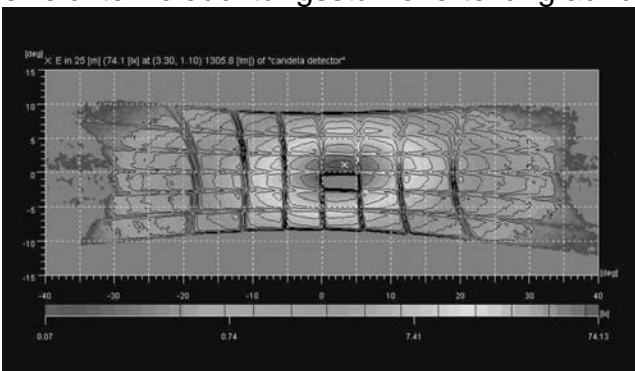


Abbildung 5: Beleuchtungsstärkeverteilung auf der 25m Wand

Zur Simulation des DMD wurde ein System aus 6x8 Spiegelementen verwendet. Um den Flächenwirkungsgrad des DMD zu erhalten wurden die Lücken vergrößert wie in der Beleuchtungsstärkeverteilung zu erkennen ist.

7.Quellen

- DMD05 Texas Instruments. *Product Preview Data Sheet TI DN 2503686 DMD 0.7 XGA 12° DDR DMD Discovery™*. 2005.
- End01 Enders, M. *Pixel Light*. TU Darmstadt. PAL 2001
- Ros05 Roslak,J. *Entwicklung eines aktiven Scheinwerfersystems zur blendfreien Ausleuchtung des Verkehrsraums*, Universität Paderborn, Dissertation, 2005.
- Stu99 Stupp, Edward; Brennessoltz, Matthew. *Projection Displays*. Wiley - SID (Society for Information Displays), 1999. ISBN: 0-471-98253-9.
- Tes05 Teschke, M. *Entwurf eines Optikkonzeptes zur Nutzung eines DMD-Arrays im Kfz-Scheinwerfer*. TU Ilmenau & L-LAB Paderborn, Diplomarbeit, 2005.
- Tex05 Texas Instruments. *Single-Panel DLP™ Projection System Optics. Application Report*. 2005.