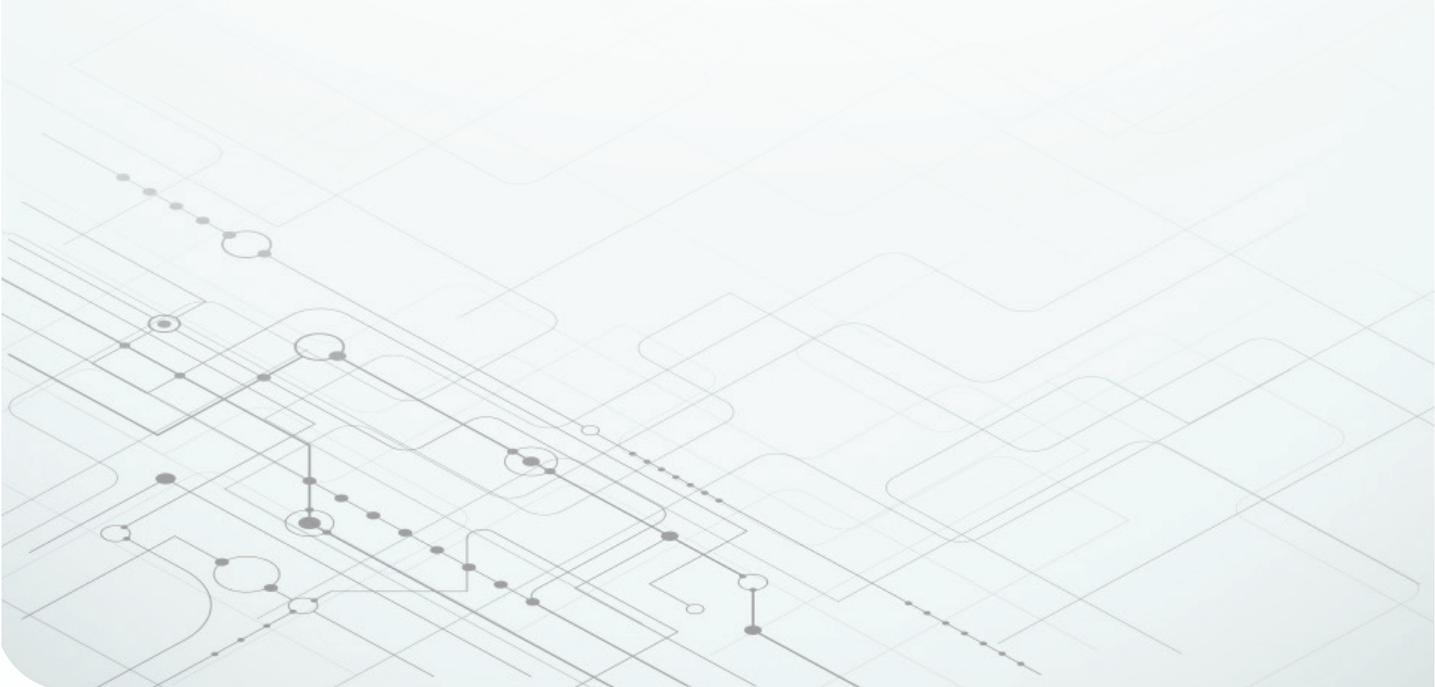


# Verbesserte Sicht mit DLP® Scheinwerfern



**Brandon Seiser**  
Product Marketing Engineer  
DLP-Automobiltechnik  
Texas Instruments



# Autohersteller suchen nach neuen Möglichkeiten, die Sichtverhältnisse für Autofahrer bei Dunkelheit oder schlechtem Wetter zu verbessern. Hier kann die DLP® Technik für Automobilanwendungen Abhilfe leisten. Moderne Scheinwerfersysteme, die mit DLP-Technik ausgestattet sind können Sichtverhältnisse verbessern und eine ganze Reihe weiterer Anwendungen unterstützen.

## Auf einen Blick

In diesem Whitepaper wird erläutert, wie DLP-Technik die neuesten Trends und Innovationen z. B. von futuristischen Scheinwerfersystemen für die Automobilindustrie ermöglicht.



### 1 Vorteile adaptiver Scheinwerfersysteme

Ermöglicht die Unterteilung des Fernlicht-Lichtkegels, um die optimale Ausleuchtung beliebiger Bereiche der Fahrbahn dynamisch steuern zu können.



### 2 Ein Beispiel für einen Scheinwerfer-Lichtkegel

Demonstriert die Vielseitigkeit von DLP-Technik für hochauflösende Scheinwerfersysteme und wie DMDs das Fahrzeugbeleuchtungssysteme verbessern können.



### 3 Futuristische Scheinwerferanwendungen

Strukturiertes Licht, Dimmen von Verkehrszeichen, Erkennen von Witterungsverhältnissen, um nur einige der Anwendungen zu nennen, die mithilfe von DLP-Technik möglich gemacht werden.

Autoscheinwerfer sind dazu da, die vor dem Fahrzeug liegende Fahrbahn auszuleuchten und mögliche Gefahrenquellen sichtbar zu machen. Einfache Scheinwerfer besitzen zu diesem Zweck zwei Module: ein Abblendlicht und ein Fernlicht, das manuell über einen Schalter ein- und ausgeschaltet werden kann. Da es jedoch nur wenige Situationen gibt, wo der Autofahrer das Fernlicht benötigt, wird diese Funktion nur selten genutzt.

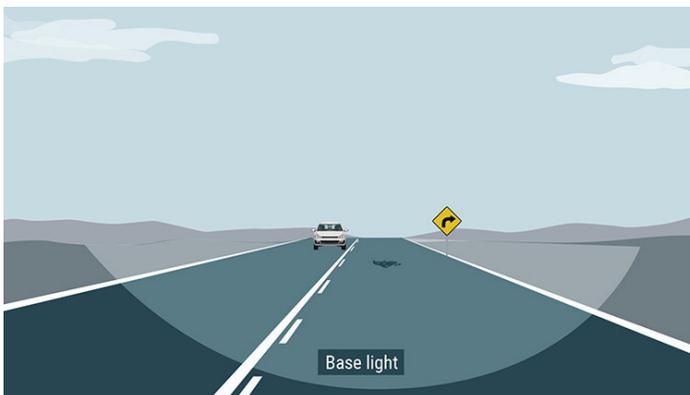
Inzwischen haben die Scheinwerfersysteme dank neuer technologischer Fortschritte eine Reihe tiefgreifender Veränderungen durchgemacht. Um Scheinwerfer-Funktionen und die Sichtverhältnisse für Autofahrer zu verbessern, konnten aufgrund des Drängens seitens der Fahrzeugbeleuchtungsindustrie große technische Fortschritte im Bereich der Entwicklung adaptiver Scheinwerfersysteme (ADB) gemacht werden. Ein ADB-System besitzt intelligente Steuerfunktionen, die der Regulierung des gesamten Scheinwerfers dienen und auch das Fernlicht automatisch steuern. Mithilfe des ADB-Systems wird das Fernlicht je nach Lichtverhältnissen und Verkehr automatisch ein- und ausgeschaltet. Dank des ADB-Systems müssen Autofahrer nicht mehr mit dem Finger am Fernlichtschalter fahren, um diesen bei schlechten Sichtverhältnissen oder Gegenverkehr ein- und auszuschalten, und können sich so besser auf die Fahrbahn und den Verkehr konzentrieren.

## Die Vorteile von ADB und Auflösung

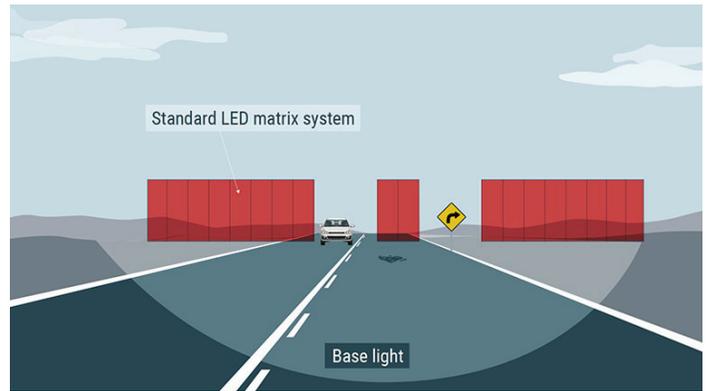
Das Ziel eines ADB-Systems für Fahrzeugscheinwerfer ist es, die Fahrsicherheit bei Nachtfahrten und schlechten

Witterungsverhältnissen zu verbessern. Dazu soll die Fahrbahn optimal ausgeleuchtet werden, ohne dabei entgegenkommende Fahrzeuge zu blenden. Auch in Fahrzeugen ohne segmentiertes LED-Fernlicht, auch pixeliertes LED-Fernlicht genannt, enthält das ADB-System Funktionen, die das automatische Ein- und Ausschalten des Fernlichts ermöglichen. Neue Technologien, wie die DLP-Technologie für Fahrzeuganwendungen ermöglichen die Segmentierung des Fernlichts mithilfe von LEDs. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Scheinwerfer aus vielen Pixeln bestehen, die individuell angesteuert, und je nach Bedarf ein- und ausgeschaltet werden können.

Wenn beispielsweise ein Scheinwerfer aus 12 Segmenten besteht, dann kann nur ein Teil dieser Segmente oder Pixel ausgeschaltet werden, um zu verhindern, dass Fahrer entgegenkommender Fahrzeuge geblendet werden. Die restlichen Pixel bleiben weiterhin eingeschaltet und beleuchten die Fahrbahn. Dadurch wird ein größerer Lichtdurchsatz im System erreicht, sodass mehr Licht zum Ausleuchten der Fahrbahn zur Verfügung steht als in Fahrzeugen ohne ADB-System. **Abbildung 1** zeigt ein Beispiel für das Fahren bei Nacht. Der Fahrer nähert sich einem entgegenkommenden Fahrzeug, einem Verkehrsschild und einem Schlagloch auf der Fahrbahn. Das Fahrzeug besitzt kein ADB-System, deshalb wird die Straße nur vom normalen Scheinwerferlicht des Fahrzeugs beleuchtet. **In Abbildung 2** herrschen die gleichen Fahrverhältnisse wie in Abbildung 1. Das Auto in Abbildung 2 ist jedoch mit einem 12-Pixel-ADB-System ausgestattet. Das segmentierte ADB-System wird mit roten Kästchen dargestellt, die den von jedem Pixel ausgeleuchteten Bereich im Fernlicht-Sichtfeld darstellen.



**Abbildung 1.** Scheinwerfer-Lichtstrahl mit nur einem normalen Abblend-Modul.



**Abbildung 2:** Scheinwerfer-Lichtstrahl mit einer Hintergrund-12-Pixel-Matrix. Jeder Pixel wird als rotes Segment im Fernlicht-Sichtfeld dargestellt.

Anhand der Abbildungen 1 und 2 können Sie erkennen, dass je mehr Segmente ein ADB-System besitzt, desto mehr Licht von dem Fernlicht-Lichtstrahl auf die Straße trifft. Diese Beziehung zwischen der Anzahl der Pixel und dem Lichtdurchsatz erhöht sich um Größenordnungen über einen konstanten Lichtstrahl – dabei gilt: je kleiner die einzelnen Pixel sind, desto größere Genauigkeit kann erzielt werden, weil auf ein Grad Blickwinkel mehr Pixel entfallen. Das ADB-System kann mehr Pixel anlassen, ohne dass dies zur Ablenkung oder gar Blendung des Fahrers im entgegenkommenden Fahrzeug führen würde.

Zusätzlich zu mehr Licht auf der Straße bietet eine höhere Anzahl an Pixeln den Vorteil, dass eine sehr detailgenaue, Steuerung des in einzelne Pixel untergliederten Lichtkegels möglich ist. Es wird möglich, einzelne Bereiche gezielt abzublenden. Je höher die Anzahl der Pixel, desto genauer können diese „maskierten“ Bereiche festgelegt werden. Dadurch wird der Fahrer vom plötzlichen und ständigen Ein- und Ausschalten großer Lichtbereiche und der damit verbundenen schnellen Änderung im Lichtverhältnis nicht abgelenkt. Als „maskierte“ Bereiche in einem ADB-System werden diejenigen Bereiche des Lichtkegels bezeichnet, die nicht vom Fernlichtmodul beleuchtet werden (das Licht in diesen Bereichen wird gedimmt), und somit die Blendung entgegenkommender Fahrzeuge und des ADAS- (Fahrerassistenz-)Systems des Fahrzeugs verhindern. In Abbildung 2 fehlt in den maskierten Bereichen ein LED-Segment, dargestellt durch die roten Kästchen, im Lichtkegel des Fernlichts. Hierbei handelt es sich um

die Bereiche, die um das entgegenkommende Fahrzeug herum ausgespart werden, um ein Blenden des Fahrers zu vermeiden oder die Bereiche, die um ein Verkehrsschild herum ausgespart werden, um zu vermeiden, dass durch die Reflektion des Lichts vom Straßenschild die Funktion der Frontkamera des ADAS-Systems beeinträchtigt wird.

Automobilzulieferer (OEMs) und Tier-1-Scheinwerferzulieferer diskutieren schon seit längerem die Notwendigkeit höherer ADB-Auflösung, um mehr Details auf der Straße ausleuchten zu können und die Ablenkung von Fahrern durch die Bewegung maskierter Bereiche, zu reduzieren. Das [DLP5533A-Q1](#) DLP-Automotive-Digital-Mikrospiegelarray (DMD) ermöglicht leistungsstarke Scheinwerfersysteme mit der höchsten verfügbaren Auflösung für ADB-Systeme mit einem Megapixel-Array mit 1,3 Millionen individuell einstellbarer Spiegel. Jeder Spiegel auf dem DLP5533A-Q1 entspricht einem Segment in dem Fernlicht-Lichtkegel. Das ADB-System kann so mit äußerst geringem Lichtverlust arbeiten und sehr präzise maskierte Bereiche erstellen.

Ein weiterer Vorteil der DLP-Technik für Automobilanwendungen ist das einfache Ein- und Ausschalten mit vorgegebenen, diskreten Strahlmustern. Für Fahrer wirken ADB-Lösungen mit höherer Auflösung und einem weicheren Übergang von maskierten Bereichen zu belichteten Bereichen natürlicher und lenken weniger ab als ADB-Systeme mit weniger Fernlichtsegmenten. OEMs und Tier-1-Zulieferer haben sich damit befasst, den DMD-Projektionsbereich in den Scheinwerfer-Lichtkegel zu integrieren, um andere Anwendungen als hochgradig auflösende ADB-Scheinwerfer entwickeln zu können.

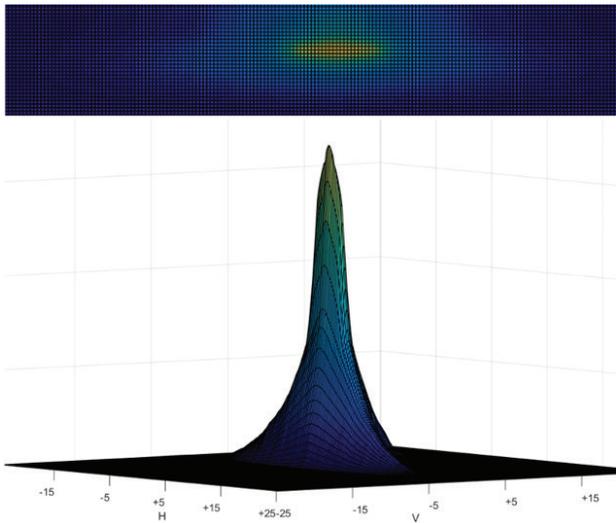
## Die Scheinwerfer-Lichtstrahl-Matrix und das DMD

Standardmäßig gibt es in Fahrzeugen ohne ADB-System zwei Module, die den Abblend- und den Fernlichtbereich voneinander trennen. Das Fernlichtmodul deckt ein Sichtfeld von 40 Grad mal 10 Grad pro Scheinwerfer ab. Diese Module sind so ausgerichtet, das sie einen gesamten Fahrzeug-Fernlichtwinkel von 80 Grad mal 10 Grad abdecken. Einfache ADB-Systeme verwenden eine geringe Anzahl von Pixeln (normalerweise 12 pro Scheinwerfer, also 24 insgesamt), um den gesamten Lichtwinkel von 80 mal 10 Grad abzudecken. Normalerweise können derartige

ADB-Systeme vertikal nichts steuern, was bedeutet, dass das Segment alle 10 Grad in der Vertikale steuert. Aufgrund höherer Auflösung, besitzen ADB-Systeme die Fähigkeit, vertikale Steuerung mithilfe einer 2D-Pixel-Matrix zur Fernlichtsegmentierung zu ermöglichen und den auf die Straße projizierten Lichtstrahl zu optimieren. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für ein ADB-System mit nur 12 Segmenten pro Scheinwerfer, ohne vertikale Steuerungsmöglichkeiten des Fernlichtsegments, da nur eine 1D-Matrix vorhanden ist. Der Bereich über und unter dem entgegenkommenden Fahrzeug und der Bereich um das Verkehrsschild herum könnten mit einer ADB-Lösung mit höherer Auflösung besser ausgeleuchtet werden und mögliche Gefahrenquellen oder Hindernisse könnten deutlicher sichtbar gemacht werden.

OEMs und Tier-1-Zulieferer wünschen sich schon seit längerem Lösungen mit höherer Auflösung für ADB-Systeme, vor allem im zentralen Bereich des Fernlicht-Sichtfelds. Der zentrale Bereich des Fernlicht-Lichtkegels ist ein Bereich, in dem die Lichtintensität deutlich erhöht werden müsste, denn naturgemäß befinden sich die meisten Hindernisse direkt vor dem Fahrzeug. Die bisher erhältlichen Scheinwerfer-Fernlichtmodul-Beleuchtungsprofile für Fahrzeuganwendungen bieten nur einen geringen Bereich der Spitzenluminanz nahe dem Zentrum.

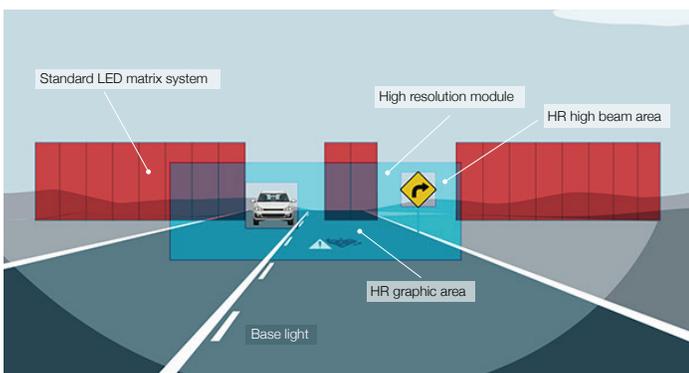
**Abbildung 3** zeigt ein Standard-Fernlicht-Beleuchtungsprofil. Die Abbildung belegt die Idee, dass hohe Auflösung nur im zentralen Bereich des Fernlicht-FOVs wichtig ist. Hohe Auflösung an den Rändern des Fernlicht-Lichtkegels zu haben, ist dabei nicht von entscheidender Bedeutung. Im Gegenteil, dies könnte zu mehr Systemkomplexität und höheren Kosten führen, ohne nennenswerten Funktionszugewinn zu bieten. Aus diesem Grund haben Tier-1-Zulieferer einen neuen Scheinwerfer mit einem dritten Modul entwickelt, der so ausgelegt ist, dass er nur im Zentrum des von den Scheinwerfern ausgehenden Lichtkegels hohe Auflösung bietet. Mithilfe von DLP-Technik für Fahrzeugscheinwerfer könnte diese Lösung kostengünstig umgesetzt werden. Es wäre möglich, bestimmte Bereiche abzudecken oder zu erleuchten und könnte so für diese Art von Scheinwerfer-Architektur eingesetzt werden. Zur gleichen Zeit könnten Tier-1-Zulieferer mithilfe von DLP-Technik einfach modulare Designs für verschiedene Fahrzeugausstattungen entwickeln.



**Abbildung 3.** Typisches Fernlicht-Beleuchtungsprofil mit einem Spitzenlichtwert im Zentrum.

Das DLP5533A-Q1-DMD dient der Unterstützung von Modulen, die einen Sichtwinkel von ungefähr 14 Grad mal 7 Grad abdecken; in jedem Scheinwerfer ist normalerweise ein solches Modul. Zwei DLP5533A-Q1 Module, eines für jeden Scheinwerfer, bieten einen Abdeckungsbereich mit hoher Auflösung von 28 Grad mal 7 Grad.

**Abbildung 4** zeigt den Scheinwerfer-Lichtkegel aus **Abbildung 2** mit einem hochgradig auflösenden Bereich. In dieser **Abbildung** wird dargestellt, wie ein DLP-Scheinwerfermodul das auf die Straße projizierte Licht verstärkt, indem die Bereiche oberhalb und unterhalb des Fahrzeugs, die nicht von dem Hintergrund-Fernlicht-Matrizenmodul ausgeleuchtet werden, ausgeleuchtet werden.



**Abbildung 4:** DLP-Scheinwerfer-FOV Detailsicht

Im Beispiel in **Abbildung 4** werden der 28 Grad und der 7 Grad Hochauflösungsbereich so platziert, dass er einen Bereich sowohl im Abblend- als auch im Fernlicht-FOV abdeckt. Durch diese Überschneidung wird es möglich, Symbole im „HR-Grafik-Bereich“ im Abblend-FOV auf die Straße zu projizieren und zusätzlich ADB-Funktionen zu ermöglichen (Hochauflösungsbereich im Fernlicht-FOV). Der DLP5533A-Q1 eignet sich besonders gut für Projektionsanwendungen, da er Auflösungsfunktionen bietet, die zum Erstellen verständlicher Symbole (wie ein Pfeil, der nach rechts zeigt, wenn der Fahrer rechts abbiegen muss) notwendig sind. Aufgrund der Ausrichtung der Scheinwerfer in Fahrzeuganwendungen ist es im Gegensatz zu feststehenden Projektoren schwieriger, eine gute Balance zwischen Auflösung und der Klarheit der Symbole, die von dem Scheinwerfer auf die Straße projiziert werden, zu finden. Scheinwerfer projizieren nicht auf eine Fläche senkrecht zur Quelle der Projektion. Symbole können deshalb ohne Winkelaufklärung verzerrt und damit für den Fahrer und andere Verkehrsteilnehmer unverständlich sein.

**Abbildung 5** zeigt den Unterschied zwischen projizierten Symbolen mit einer Winkelaufklärung von 0,05 Grad per Pixel (kann mit einer 20.000-Pixel-Matrix für Symbolprojektion erreicht werden), und 0,01 Grad per Pixel (kann mit dem Abblendbereich eines hochauflösenden DLP5533A-Q1 Scheinwerfermoduls erreicht werden). Diese Winkelaufklärungen entsprechen jeweils ungefähr 12 Linien und 49 Linien bei der Projektion eines 2 Meter großen Symbols aus 10 Metern Entfernung.



**Abbildung 5.** Ein Signal zum Rechtsabbiegen aus 10 Metern Entfernung bei verschiedenen Winkelaufklärungen.

Der Projektionsbereich für das Symbol, markiert als HR-Grafikbereich in **Abbildung 4** kann Fahrern dabei helfen, sicher an ihr Ziel zu gelangen, sie über potenziell gefährliche Straßenverhältnisse informieren oder Navigationspfeile auf die Straße projizieren. Mit der Projektion von Symbolen auf die Straße hätten die Automobilhersteller

die Möglichkeit, ein visuelles Kommunikationssystem zu realisieren. Darüber hinaus könnten solche Funktionen zum entscheidenden Faktor in Sachen Fahrzeugeigenschaften und Fahrkomfort werden. Symbolprojektion demonstriert die große Vielseitigkeit der DLP-Technik beim Einsatz in Scheinwerferanwendungen und stellt dar, wie der Wert eines Fahrzeugbeleuchtungssystem mithilfe von Symbolprojektion gesteigert werden kann.

## Futuristische Scheinwerferanwendungen

Obwohl DLP-Technik ADB-Systeme wesentlich verbessert und mithilfe hochgradiger Auflösung die Grundlage für Symbolprojektion bildet, gibt es noch andere Möglichkeiten, wie auf DLP-Technik basierende Scheinwerfer einem Fahrzeug Mehrwert bieten können. Attraktiv ist eine solche hochgradige Auflösung und Adaptierbarkeit, weil sie ADAS-Funktionen verbessern kann. Im Zusammenwirken mit Fahrassistenzsystemen können DLP-Scheinwerfersysteme strukturiertes Licht nutzen, um Hindernisse oder Objekte besser erkennen und identifizieren zu können. Außerdem können zum Beispiel bestimmte Stellen auf Verkehrszeichen mit genau der richtigen Lichtmenge ausgeleuchtet werden und damit die klare Erkennbarkeit gewährleisten oder, um ein Blenden der Frontkamera zu verhindern; oder DLP-Technik könnte zur Erkennung von Witterungsverhältnissen genutzt werden, um dann Fahrer über potenziell gefährliche Straßenverhältnisse zu informieren.

**Strukturiertes Licht.** Ein DMD besteht aus kippbaren spiegelnden Flächen mit einer Kantenlänge von wenigen Mikrometern, ein DMD kann blitzschnell seinen Status ändern– dies ermöglicht es dem DLP-Scheinwerfermodul für einen kurzen Zeitraum, einzelne Bit-Muster anzuzeigen. Wenn diese einzelnen Bit-Muster mit der Refresh-Rate der Frontkamera des Fahrzeugs synchron laufen, kann das DLP-Scheinwerfermodul Muster projizieren, die als Tiefensensor fungieren und vom Fahrer unbemerkt bleiben. Diese Anwendung wird als strukturiertes Licht bezeichnet. Der ADAS-Prozessor nutzt die Frontkamera, um das Muster eines aufzunehmenden Objekts zu erfassen und zu entscheiden, ob sich Hindernisse auf der Fahrbahn vor dem Fahrzeug befinden. Wenn das ADAS-System Schlaglöcher oder Gegenstände auf der Fahrbahn erkennt, kann es den Fahrer mithilfe von Symbolprojektion vor

möglichen Gefahrenquellen warnen. Abbildung 4, in unserem ursprünglichen Fahrscenario und **Abbildung 6** zeigen, wie der DLP-Scheinwerfer und das Frontkamarasystem ein Schlagloch auf der Straße erkennen und den Fahrer davor warnen.



**Abbildung 6.** DLP-Scheinwerfer in Kombination mit dem Fahrerassistenzkamarasystem können Objekte erkennen und den Fahrer vor Gegenständen auf der Fahrbahn warnen.

Neben dem Erkennen von Schlaglöchern und Gegenständen auf der Fahrbahn, kann strukturiertes Licht außerdem zur Verbesserung der Funktionalität eines aktiven Federungssystems bei Nachtfahrten genutzt werden. Viele aktive Federungssysteme funktionieren bei Nachtfahrten aufgrund der schlechten Sichtverhältnisse weniger gut, hier können DLP-Scheinwerfer eingesetzt werden, um die Funktionalität von aktiven Federungssystemen erheblich zu verbessern.

**Verkehrszeichen-Dimmung.** OEMs und Tier-1-Zulieferer haben den Wunsch geäußert, dass der ADAS-Frontkamarasensor in der Nähe von oder in die Scheinwerfer eingebaut werden soll. Das Problem mit dieser Idee ist, dass das ADAS-Kamarasystem nachts in der Nähe von Verkehrsschildern dann weniger gut funktionieren könnte. Nachts bei schlechten Sichtverhältnissen können Verkehrsschilder die Funktionalität und Genauigkeit von ADAS-Frontkamarasystemen beeinträchtigen, denn das adaptive Scheinwerfersystem reflektiert das Licht direkt zurück zur Lichtquelle. Das reflektierte Licht trifft direkt auf die Linse der Kamera. Als Folge davon „blüht“ der Kamerasensor oder wird übersättigt und das Bild

erscheint verwaschen. Die Daten von verwaschenen Bildern können vom ADAS-System nicht ausgewertet werden. Als Folge davon kann das System den Fahrer auch nicht vor möglichen Gefahrenquellen warnen. Dank der Hochauflösungsfunktionen der DLP-Technologie für Scheinwerfersysteme kann das Fahrassistenzsystem eine hocheffiziente „Maske“ erstellen und dann jeweils die richtige Menge Licht auf bestimmte Stellen, wie zum Beispiel Verkehrszeichen richten. Der Bereich mit dem Verkehrszeichen wird gedimmt und das Licht wird nicht direkt reflektiert. So kann das Frontkamerasystem des Fahrzeugs immer richtig funktionieren und der Fahrer kann die Verkehrszeichen besser wahrnehmen. Die Dimmfunktion für Verkehrsschilder ist besonders wichtig auf Straßen in städtischen Umgebungen und Autobahnen, da es dort sehr viele Verkehrszeichen gibt. **Abbildung 7** zeigt einen Scheinwerfer mit DLP-Technik. Das Licht, das auf das Verkehrszeichen geworfen wird, wird abgeblendet, während ein Kind, das die Straße überquert, gut angeleuchtet wird.



**Abbildung 7.** DLP-Scheinwerfer beleuchtet ein Kind beim Überqueren der Straße und dimmt gleichzeitig das Licht, welches das Zebrastreifen-Schild beleuchtet, um Blendeffekte zu reduzieren.

- **Erkennen von Witterungsverhältnissen.**

Hochauflösende Scheinwerfer können zum Erkennen von Witterungsverhältnissen bei Nachtfahrten genutzt werden.

An manchen Fahrzeugen ist zur Witterungsbestimmung eine Kamera angebracht, die aber nur tagsüber gut funktioniert. Bei Nacht jedoch ist das System aufgrund schlechter Sichtverhältnisse meist nicht funktionstüchtig. Mithilfe von hochauflösenden DLP-Scheinwerfern kann ein bestimmter Bereich besser ausgeleuchtet und die Kamerasichtverhältnisse verbessert werden. So kann das ADAS-Frontkamerasystem auch bei Nachtfahrten Witterungsbedingungen erkennen. Das Fahrzeug kann automatisch speziell auf die Wetterbedingungen zugeschnittene Sicherheitsfunktionen oder Konfigurationen aktivieren, um für mehr Sicherheit bei schlechten Wetterbedingungen, wie Nebel oder Glatteis zu sorgen.

## Fazit

Der Chipsatz DLP5533A-Q1 unterstützt 1,3 Millionen einzeln adressierbarer Pixel pro Scheinwerfer. Ursprünglich wurde der Baustein entwickelt, um ADB-Auflösung zu verbessern und Fahrzeugbeleuchtung auf der Straße und unter schlechten Bedingungen zu optimieren. Aufgrund seiner Fähigkeiten eignet er sich aber darüber hinaus für eine ganze Reihe neuartiger Anwendungen. Mit der Projektion von Symbolen auf die Straße können beispielsweise Navigationspfeile und Warnhinweise auf die Straße geworfen werden, die die Basis für die visuelle Kommunikation mit anderen Fahrzeugen bilden. Strukturiertes Licht könnte dazu dienen Funktionen in einem Fahrzeug zu ermöglichen, die Fahrer vor Schlaglöchern oder anderen Gefahrenquellen auf der Fahrbahn warnen. Das Dimmen von Verkehrszeichen kann dazu beitragen, Blendung der Frontkamera zu verhindern und dafür sorgen, dass das Fahrerassistenzsystem richtig funktioniert. Die Lösung zum Erkennen von Witterungsverhältnissen benachrichtigt den Fahrer über die Straßen- und Wetterverhältnisse und sorgt so für mehr Sicherheit auf den Straßen. Hochauflösende Scheinwerfersysteme mit DLP-Technik werden weiterhin die Ansprüche von OEMs und Tier-1-Zulieferern erfüllen, bieten aber gleichzeitig eine Plattform für Ingenieure zur Innovation und Entwicklung neuer Funktionen.

**Wichtiger Hinweis:** Für den Verkauf der hier beschriebenen Produkte und Dienstleistungen von Texas Instruments Incorporated und seiner Tochterunternehmen gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen von TI. Kunden wird empfohlen, vor Bestellungen die aktuellen und umfassenden Informationen über TI-Produkte und -Dienstleistungen einzuholen. TI übernimmt keine Haftung für Anwendungsunterstützung, Kundenanwendungen oder Produktdesigns, Softwareleistung oder Verletzung von Patenten. Die Veröffentlichung von Informationen über Produkte oder Dienstleistungen anderer Unternehmen bedeutet keine Freigabe, Garantie oder Empfehlung durch TI.

Alle Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to TI's Terms of Sale (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2021, Texas Instruments Incorporated