

# Das Licht aus dem Chip

## Moderne Fahrzeuglichtsysteme

LED-Licht ist heute eine selbstverständliche Lichtkomponente an nahezu allen modernen Fahrzeugen – vom Tagfahrlicht bis hin zum Voll-LED-Licht ringsum. Laserlicht setzt dem noch die lichttechnische Krone auf. Während es zu Beginn der LED-Ära mehr ein optisches Gimmick war, sind die neuesten LED- und Laserlichtsysteme tief eingebunden in moderne Assistenzsysteme und tragen so erheblich zu einer erhöhten Verkehrssicherheit bei. Wir zeigen die Technik, die dahintersteckt, und wie diese neuen Lichtsysteme die Fahrsicherheit erhöhen können.

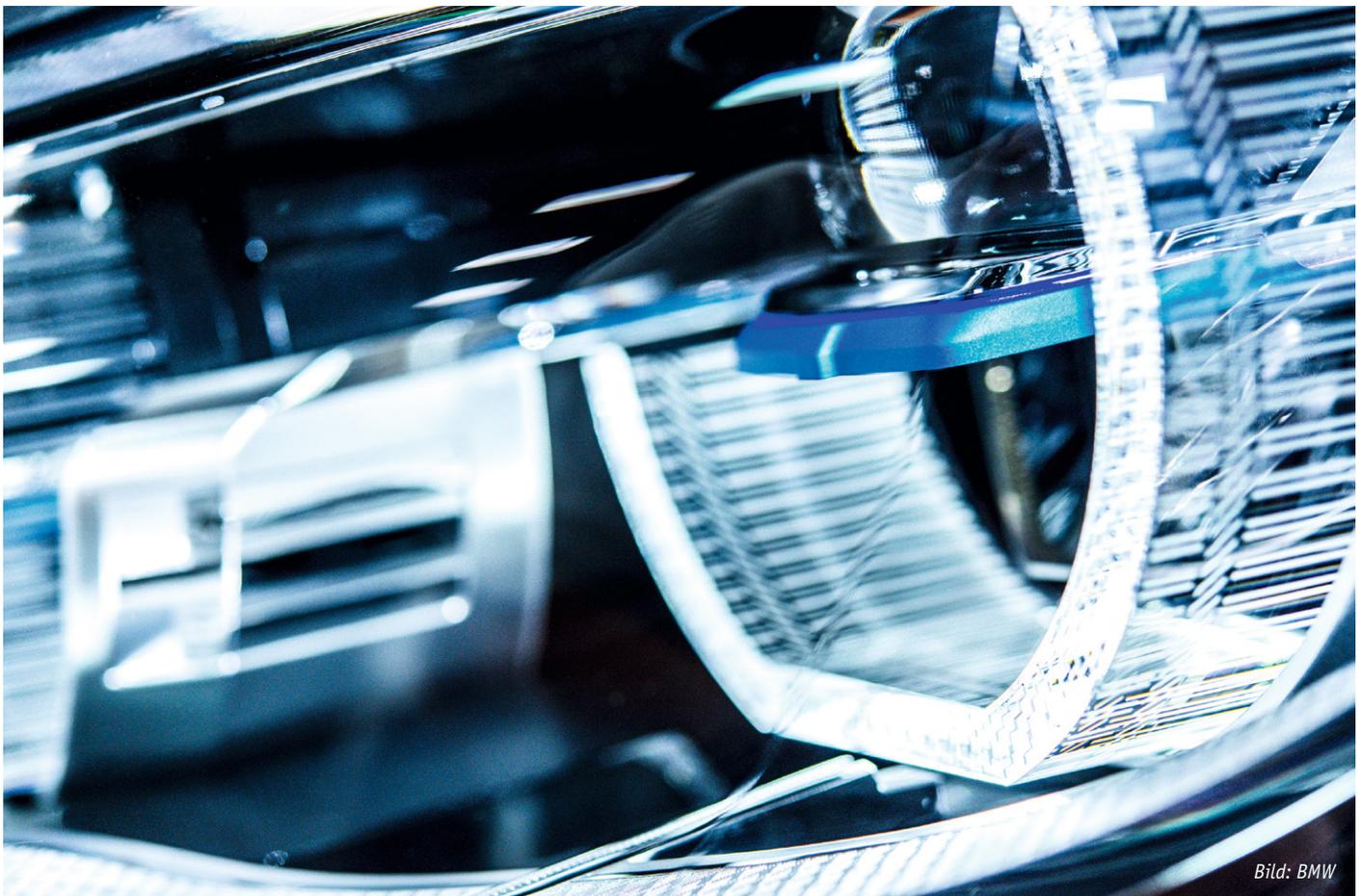


Bild: BMW

### Glühlampe ade!

Das, was uns bei der allgemeinen Beleuchtung inzwischen nahezu ausschließlich als selbstverständlich erscheint, das LED-Licht, setzt sich auch bei der Fahrzeugbeleuchtung nahtlos fort. Und ähnlich wie bei der allgemeinen LED-Beleuchtung war es ein langer Weg, bis sich moderne LED- und neuerdings auch Lasersysteme auf der Straße durchgesetzt haben. Da erinnert man sich an den Anfang der 2000er-Jahre, als es die ersten LED-Heckleuchten gab, freilich ob der unendlich langen EU-Genehmigungswege zuerst in den USA und Japan (paradoxaerweise in Deutsch-

land entwickelt und produziert) eingeführt, später baugleich mit einem E-Kennzeichen versehen und auch hier eingesetzt. Viele Fahrer reimportierten diese Leuchten teuer aus den USA und bauten sie hier ein, mit oder ohne Einzelabnahme ...

**Bild 1** zeigt eine solche Leuchte eines BMW E46, 2002/2003 aus den USA reimportiert, hier mit Einzelabnahme zugelassen – interessanterweise kannte das Werkstattdiagnosesystem des Herstellers und die On-board-Software des Fahrzeugs aus Baujahr 2000 die Leuchte bereits und sie konnte problemlos in die Fahrzeugsoftware aufgenommen werden. Einige Zeit später war die Rückleuchte in dieser Form Serienausstattung auch in Europa. Ein steiniger Weg bis hin zu dem, was man heute allgemein auf den Straßen sieht. Richtig Schwung bekam die LED-Leuchte mit

der verordneten Einführung des Tagfahrlichts im Jahre 2012 für alle neu zugelassenen Fahrzeuge. Vorher waren LEDs allenfalls seit den 1990er-Jahren in den Zusatzbremsleuchten im Heckfenster verbreitet – freilich nahm die Technologie der weißen LED auch erst einen rasanten Entwicklungsschub seit Anfang der 2000er-Jahre.

Aber noch ist LED-Licht an der Fahrzeugfront als Hauptscheinwerfer („Headlamp“) nicht allgemein eingezogen, denn es ist einfach noch teurer als ein Halogenscheinwerfer, und vornehmlich in den preislich unteren Fahrzeugklassen wird seitens der Hersteller mit extrem spitzem Bleistift gerechnet. Selbst Xenon-Systeme konnten sich hier noch nicht flächendeckend durchsetzen.

Dabei weisen LED-Systeme zahlreiche unschlagbare Vorteile auf, wie wir noch sehen werden. Sie sind langlebig, unempfindlich gegen die im Betrieb auftretenden mechanischen Kräfte wie Vibrationen, halten extrem lange ihre vorbestimmte Lichtfarbe und Lichtstärke, sind aufgrund der deutlich verbesserten Sichtbarkeit auch aus größeren Entfernungen und aufgrund der tageslichtähnlichen Lichtfarbe und ca. 30 % hellerem Licht als Halogenlicht auch für den Fahrer verkehrssicherer und sie benötigen weit weniger elektrische Leistung als die Glühlampe. Außerdem



Bild 2: Gemäß dem OSRAM-Slogan „Licht ist das neue Chrom am Auto“ liefert OSRAM die neue LED-Generation OSOLON Boost HM, die trotz kompakter Abmessungen herausragende Helligkeitswerte liefert und so extrem schmale Scheinwerferdesigns erlaubt. Bild: OSRAM



Bild 4: Insbesondere LED-Tagfahrleuchten werden als Stilmittel für die weithin erkennbare Fahrzeugsignatur eingesetzt. Bild: BMW



Bild 1: Eine der ersten Voll-LED-Rückleuchten, die Anfang der 2000er-Jahre auf den Markt kamen.

lassen sie sich sehr elegant in intelligente Lichtsysteme einbinden, die derzeit gerade in nahezu alle Fahrzeugklassen einziehen. Das hellere und tageslichtähnliche Licht (6000 K) führt als Nebeneffekt allerdings auch zu Akzeptanzproblemen bei manchen Verkehrsteilnehmern, die meinen, durch LED geblendet zu werden. Grund ist aber nicht zu helles und falsch abgestrahltes Licht, sondern die noch ungewohnt hohe Intensität und vor allem die Lichtfarbe. Derartige Übergangsprobleme gab es bisher bei jedem Lichtsystemwechsel – von der Glühlampe auf die Halogenlampe, von der auf Xenonlicht und nun eben auf LED-Licht. Eine Gewöhnungssache.

Allein schon wegen der Energieeffizienz findet man heute bei nahezu allen elektrisch angetriebenen Fahrzeugen nur noch LED-Systeme. Nicht zuletzt haben



Bild 3: LED-Technik bietet völlig neue Gestaltungsmöglichkeiten, hier eine Citroen-Picasso-Heckleuchte in Lichttunneloptik. Bild: HELLA

LED-Beleuchtungssysteme in den letzten Jahren auch erhebliche Bedeutung als Designobjekt gewonnen, derzeit u. a. an immer schmalere Scheinwerfern, wie es Bild 2 für eine der neuesten OSRAM-LED-Entwicklungen für Frontscheinwerfer oder die HELLA-Rückleuchte mit LED-Tunneloptik in Bild 3 beispielhaft zeigen. Und die modernen LED-Tagfahrleuchten nutzen die Fahrzeughersteller auch ausgiebig, um eine auffällige Marken- und Typsignatur zu platzieren. Den Anstoß dazu gab vor langer Zeit BMW mit seinen bekannten Leuchtringen in den Scheinwerfern, die heute in einer auffälligen Signatur zu jeder Baureihe zum Ausdruck kommen (Bild 4).

Technologische Führer auf diesem Gebiet und stets mit weitem konzeptionellem Vorlauf sind bei uns die Firmen HELLA, Valeo, Bosch und Continental, die hochmodernen Halbleiter dazu kommen federführend von OSRAM Semiconductors.

## Powerlichtquelle LED

Was LEDs heute können, weiß jeder, der eine LED-Taschenlampe besitzt oder LED-Beleuchtungen benutzt – selbst die Blitz-LED im Smartphone, die man als Taschenlampe benutzen kann, ist eine hochleistungsfähige LED. Für die Fahrzeugtechnik wurden sehr spezielle Hochleistungs-LEDs entwickelt, die den hohen optischen, mechanischen und temperaturbedingten Anforderungen in der Kfz-Technik genügen. Für modernste Matrixsysteme, darauf kommen wir noch, bietet OSRAM Multichip-LEDs an, die einzeln ansteuerbar auf einem Substrat gebondet sind (Bild 5). Da im Betrieb dann doch erhebliche Verlustleistungen auftreten, findet man am Scheinwerfer recht große Kühlkörper (Bild 6). Die LEDs strahlen in einen Reflektor hinein, der segmentiert ist, um später im Zusammenspiel mit der Einzelansteuerung jeder LED eine adap-

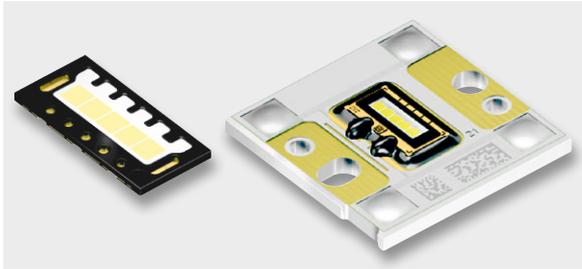


Bild 5: Lichttechnische Basis für moderne LED-Matrixscheinwerfer sind Multichip-Arrays mit einzeln ansteuerbaren LEDs. Bild: OSRAM

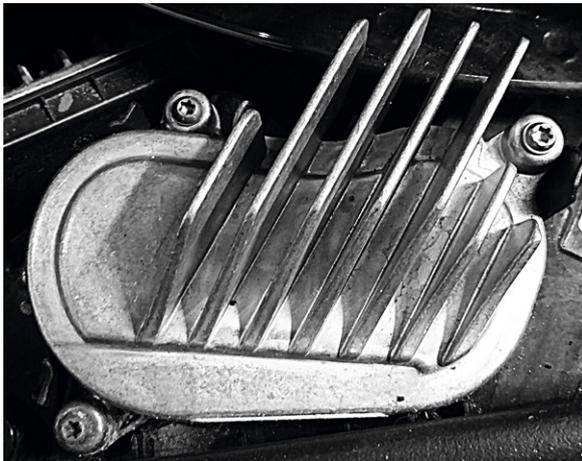


Bild 6: Kennzeichen für leistungsstarke LED-Beleuchtung – großer Kühlkörper im Motorraum

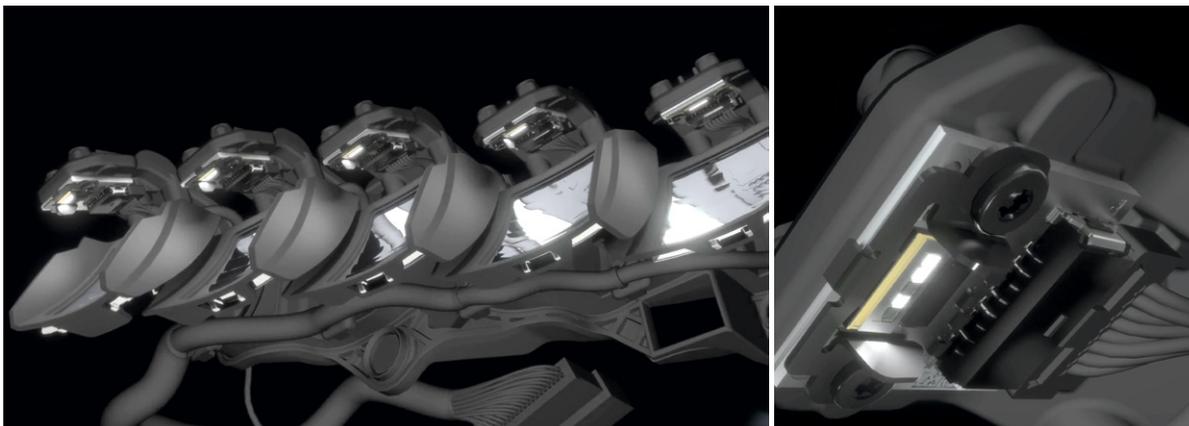


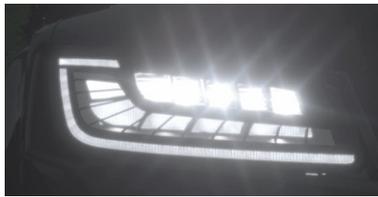
Bild 7: Der Aufbau eines Matrixscheinwerfers mit 25 einzeln ansteuerbaren LEDs in fünf Gruppen. Rechts ein vergrößerter Ausschnitt, der eine Einzel-Matrix in Aktion zeigt. Bild: HELLA

tive Lichtverteilung zu ermöglichen. Dazu kommen vielfach noch spezielle Linsensysteme, die bestimmte Aufgaben wie etwa das Abbiegelicht perfekt lösen. Bild 7 zeigt einen modernen Matrixscheinwerfer von HELLA, bei dem man gut erkennen kann, dass das System eines einzelnen Scheinwerfers aus insgesamt 25 einzeln ansteuerbaren LEDs besteht. Man kann bereits jetzt erahnen, was hier an speziellen Aufgabenlösungen möglich ist. In Bild 8 ist ein so realisierter Scheinwerfer in voller Aktion zu sehen.

Sehen wir uns also an, was diese Scheinwerfer leisten können.

## In der Matrix

Die ersten LED-Scheinwerfer wurden nach dem altergebrachten Prinzip konstruiert: Die LED strahlt in einen Reflektor und in ein Linsensystem hinein, eine dynamische Lichtverteilung wurde durch Schwenk- und Neigemotoren vorgenommen. Dieses System stieß aber schnell an Grenzen, da die motorische Verstellung vergleichsweise träge und oft genug nicht exakt reproduzierbar ist. Deshalb dominieren heute mechanikfreie LED-Matrixsysteme, wobei sich im Wesentlichen zwei Techniken durchgesetzt haben: die „normale“ Matrix, wie wir sie im vorangegangenen Kapitel bereits beschrieben haben, und die HD-Matrixtechnik. Die Steuerung der Matrix wird durch ein Kamerasystem (Bild 9) vorgenommen, ein nachgeschaltetes Steuergerät wertet die Kamerabilder aus und steuert die Matrixscheinwerfer entsprechend den programmierten Szenarien an. So werden Verkehrs- und Ortsschilder genauso erkannt wie vorausfahrende und entgegenkommende Fahrzeuge, Pannenfahrzeuge am Straßenrand, vorausliegende Kurven. In Perfektion funktionieren solche Systeme im Zusammenspiel mit Navigationssystemen, die dem System z. B. kommende, noch nicht im Sichtfeld der Kamera auftauchende Kurven, Bergkuppen, Ortseingänge etc. melden und das Scheinwerfersystem so noch feiner und vorausschauender steuern können. So kann etwa der Lichtkegel vor einer Geländekuppe rechtzeitig abgesenkt werden, damit er den Fahrer eines plötzlich hier im Gegenverkehr auftauchenden Fahrzeugs nicht blenden kann, und trotzdem kann man mit Fernlicht weiterfahren – ein gefährlicher Bereich wird rechtzeitig ausgeblendet. Diese Einsatzfälle firmieren unter



*Bild 8: Ein Matrixscheinwerfer wie in Bild 5 gezeigt in voller Aktion, rechts das dabei entstehende typische breite und weitreichende Lichtbild (Landstraßenlicht). Bild: HELLA*

den Katalogbegriffen „Adaptive Front Lighting System (AFS/AFL)“, „Adaptive Hell-Dunkel-Grenze“ und „Vertikale Hell-Dunkel-Grenze/Blendfreies Fernlicht“.

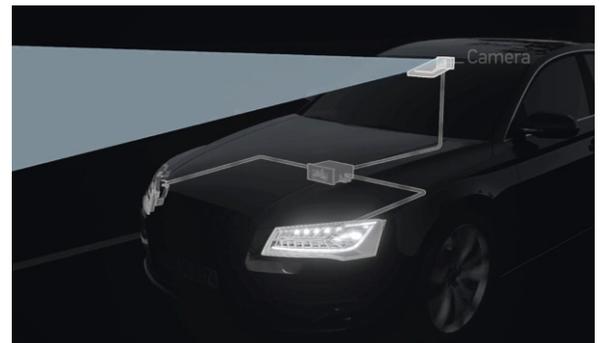
Noch weiter gehen infrarotbasierte Nachtsichtsysteme, wie es sie in der Fahrzeugoberklasse bereits gibt, diese lassen wir hier jedoch einmal außen vor.

### Das Matrix-LED-System

Die Matrixsysteme erlauben, wie schon angedeutet, aufgrund der zahlreichen einzeln ansteuerbaren LEDs im Zusammenspiel mit in Sektoren wirkenden Reflektoren und ggf. vorgeschalteten Linsensystemen eine sehr variable Ausleuchtung des Sichtfeldes vor dem Fahrzeug. Betrachten wir die derzeit gängigen Anwendungsfälle genauer.

Sind alle Segmente des Matrixscheinwerfers aktiv, haben wir ein breites und weitreichendes Leuchtfeld, wie in [Bild 8](#) zu sehen. Erfasst die Kamera das Rücklicht eines vorausfahrenden Fahrzeugs – im Idealfall bei guter Sicht und genügend hellen Rückleuchten bereits bis zu 700 m voraus –, werden Segmente in der Mitte des Scheinwerfers abgeschaltet bzw. gedimmt, sodass der Fahrer im vorausfahrenden Fahrzeug nicht geblendet wird ([Bild 10](#)).

Kommen Fahrzeuge entgegen, steuert die Kamera die Matrixsteuerung so an, dass einzelne Bereiche des



*Bild 9: Eine Kamera erfasst das Sichtfeld vor dem Fahrzeug und steuert das Steuergerät für das Matrixlicht situationsabhängig an. Bild: HELLA*

Leuchtkegels dynamisch abgedunkelt (ausmaskiert) werden ([Bild 11](#)). Dynamisch heißt, dass die ausmaskierten Bereiche mit dem Entgegenkommer mitlaufen, bis dieser das eigene Fahrzeug passiert hat. Dies ist übrigens die Grundlage für die automatischen Fernlichtassistenten, die in zahlreichen Fahrzeugen ebenfalls zur Verfügung stehen, aber erst mit dem Matrixsystem zur großen Form auflaufen. So kann man nämlich das Fernlicht ständig anlassen und muss nicht manuell wechselnd auf- und abblenden – wer einmal so gefahren ist, will es nicht mehr missen.



*Bild 10: Erfasst die Kamera die Rückleuchten eines vorausfahrenden Fahrzeugs, wird abgeblendet und die Hell-Dunkel-Grenze hinter dem Vorausfahrer kontinuierlich bei der Annäherung abgesenkt. Bild: HELLA*

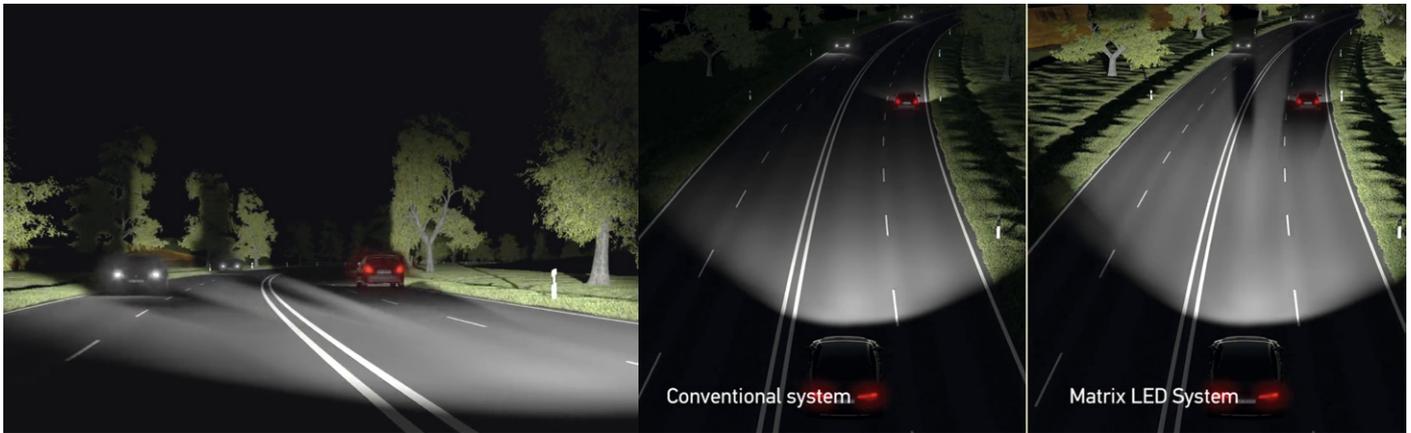


Bild 11: Entgegenkommende Fahrzeuge werden erfasst und dynamisch aus dem Lichtkegel ausgeblendet. Der Vergleich rechts im Bild zeigt deutlich den Sichtfeldgewinn beim Matrix-LED-System: Vorfeld und Seitenstreifen sind stets voll beleuchtet. Bild: HELLA

Wer mit LED-Scheinwerfern unterwegs ist, wird auch schnell merken, dass die Fahrbahnränder wesentlich heller und je nach Umgebung auch weitreichender ausgeleuchtet werden. Damit sind weitere Funktionen realisierbar, etwa das gezielte Ausleuchten von Verkehrsschildern, das Umschalten auf hellere Vorfeldbeleuchtung im Ort, dynamisches Kurvenlicht (Bild 12 zeigt ein Beispiel, bei dem dies im Falle einer Panne in der Kurve drastisch gezeigt wird) und das Abbiegelicht. Das mussten bei konventionellen Systemen noch die Nebelscheinwerfer lösen. Beim LED-Matrixscheinwerfer kann man hier noch weiter, segmentierter und gezielter ausleuchten, um dann wirklich auch noch Fußgänger oder Radfahrer zu sehen und nicht nur erahnen zu müssen. Dies ist in der entsprechenden Teildarstellung in Bild 13, das nochmals die meisten der aktuellen Möglichkeiten der LED-Matrixbeleuchtung zusammenfasst, ebenfalls dargestellt. Bleibt noch zu ergänzen, dass derzeitige 25-Dioden-Matrixsysteme bis zu acht Ereignisse, also Vorausfahrer, Entgegenkommer usw. individuell ausmaskieren können.

#### Noch präziser – die HD-Matrix

Was mit der 25-Dioden-Matrix schon gut funktioniert, wird mit der HD-Matrix noch weit übertroffen. Von außen sieht man diesem Scheinwerfer zunächst nichts an, es scheint ein normaler Lupenscheinwerfer zu sein

(Bild 14). Der jedoch hat es in sich: Hier sind bis zu 84 LEDs in mehreren Reihen angeordnet (Bild 15), die direkt auf ein davor angeordnetes Linsensystem strahlen (Bild 16), das als Multi-Beam-System sogar nochmals einzelne Lichtbeams getrennt abgeben kann. In Bild 16 ist bereits andeutungsweise zu sehen, was hier passiert: Ebenfalls durch ein präzises Kamerasystem gesteuert, lassen sich Bereiche noch erheblich differenzierter ausmaskieren. Bild 17 zeigt die bereits diskutierten Standardanwendungsfälle in einer Zusammenfassung. Hier ist auch das sehr fein dosierte Abblenden bei Schlechtwetter gut zu sehen. Durch Dimmen und Ausmaskieren blendet man so dank verringertem Anstrahlen des Niederschlags nicht den Gegenverkehr und verringert auch die Eigenblendung, indem blendende Reflexionen durch Dimmen abgesenkt werden.

Wie fein das HD-Matrixlicht einzelne Bereiche geradezu quadratmeterweise ausblenden kann und man trotzdem gute Sicht hat, zeigt Bild 18 mit dem sogenannten prädiktiven Ausblenden am Beispiel eines Überholvorgangs. Hier wird eine Blendung des Überholten vermieden, gleichzeitig aber bereits in die linke Fahrbahn und die Fahrbahnränder hineingeleuchtet.

#### Mehr Licht!

Johann Wolfgang von Goethes berühmte letzte Worte erlangen eine ganz neue Bedeutung, wenn man das Kapitel „Laserlicht“ aufschlägt – das derzeitige Nonplusultra der Kfz-Lichttechnik. Was leistungsstarke Laserbeams können, bewundern wir ja hinlänglich bei Laser-Shows. Genau die typischen Eigenschaften des Lasers, enorme Lichtbündelung, extrem hohe Reichweite und präzise Steuerung, werden seit einigen Jahren zunächst in der Fahrzeugoberklasse, zunehmend heute auch in der Mittelklasse für den Einsatz als leistungsstarke Beleuchtung genutzt.

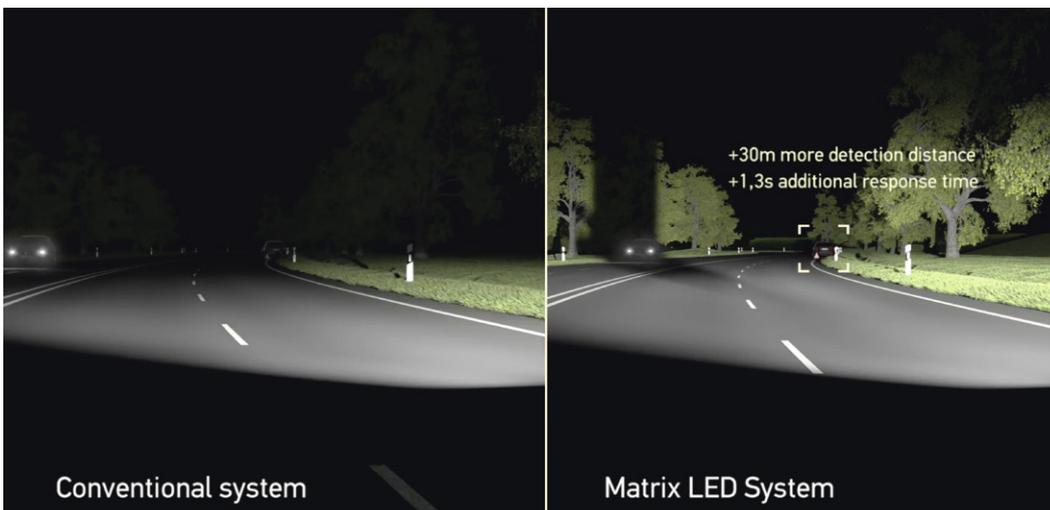


Bild 12: Kann Leben retten – mit dem Matrixsystem und seinem dynamischen Kurvenlicht werden auch Hindernisse, wie hier ein Pannenfahrzeug, entscheidend zeitiger erkannt. Bild: HELLA

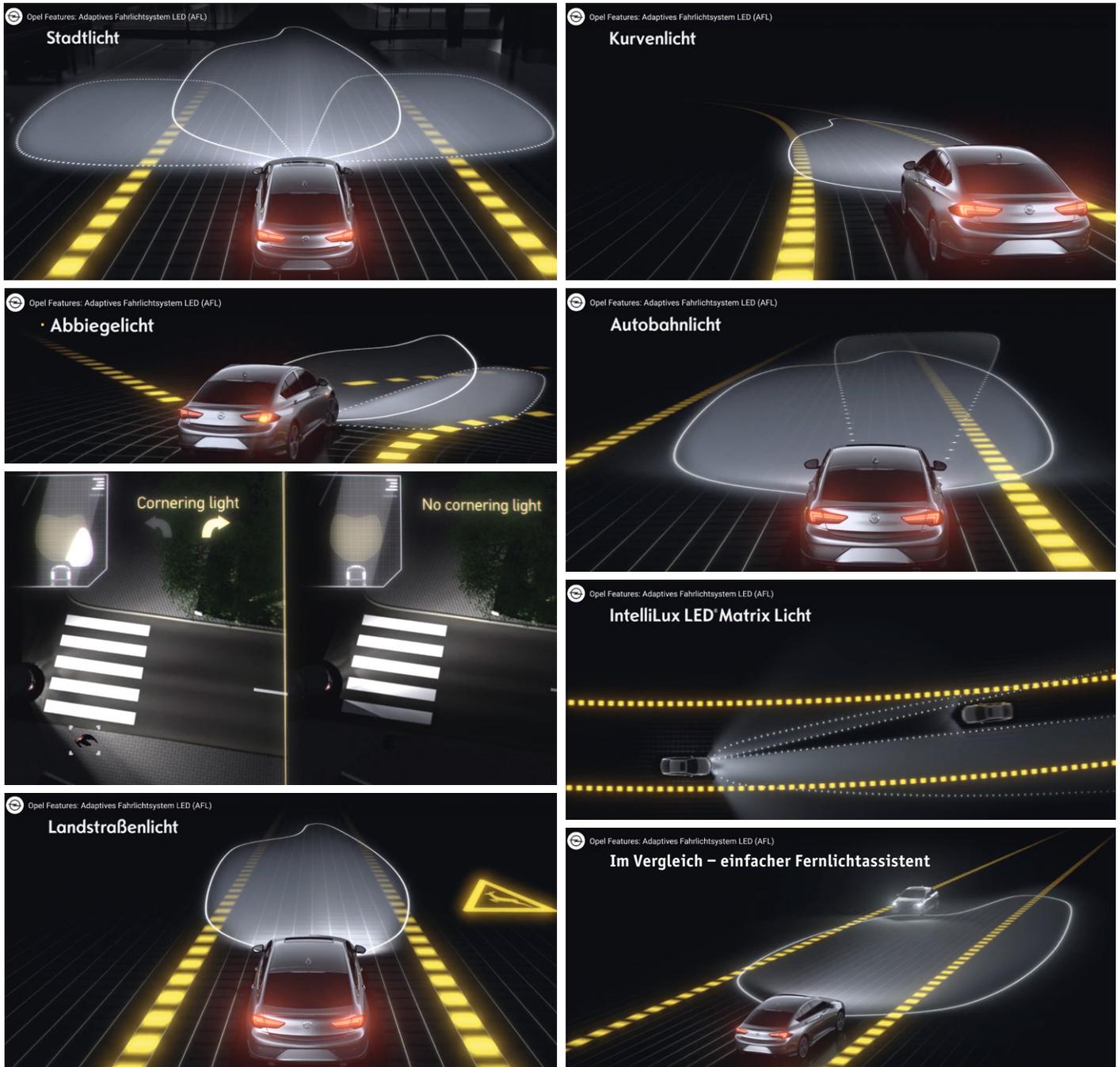


Bild 13: Die Zusammenstellung der intelligenten Möglichkeiten von LED-Matrix-Beleuchtungen zeigt, welchen Sicherheitsgewinn diese Technik bringt.  
Bilder: Opel/HELLA

Bild 14: Sieht auf den ersten Blick aus wie ein herkömmlicher Lupenscheinwerfer ...  
Bild: HELLA



Bild 15: ... hinter dem sich aber ein hochkomplexer HD-Matrixscheinwerfer verbirgt.  
Bild: HELLA

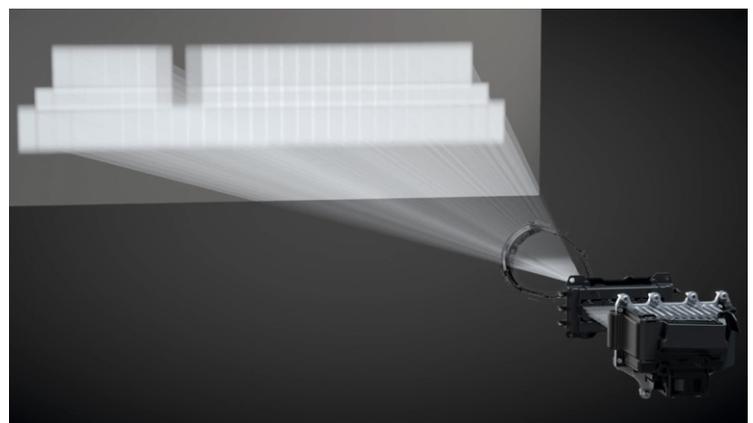
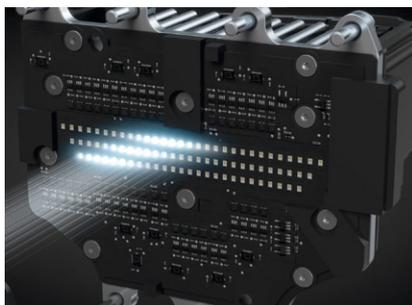


Bild 16: Mithilfe der vorgeschalteten Optik kann über eine breite Ausleuchtungsebene ein sehr stark differenzierbares Leuchtbild erzeugt werden. Bild: HELLA

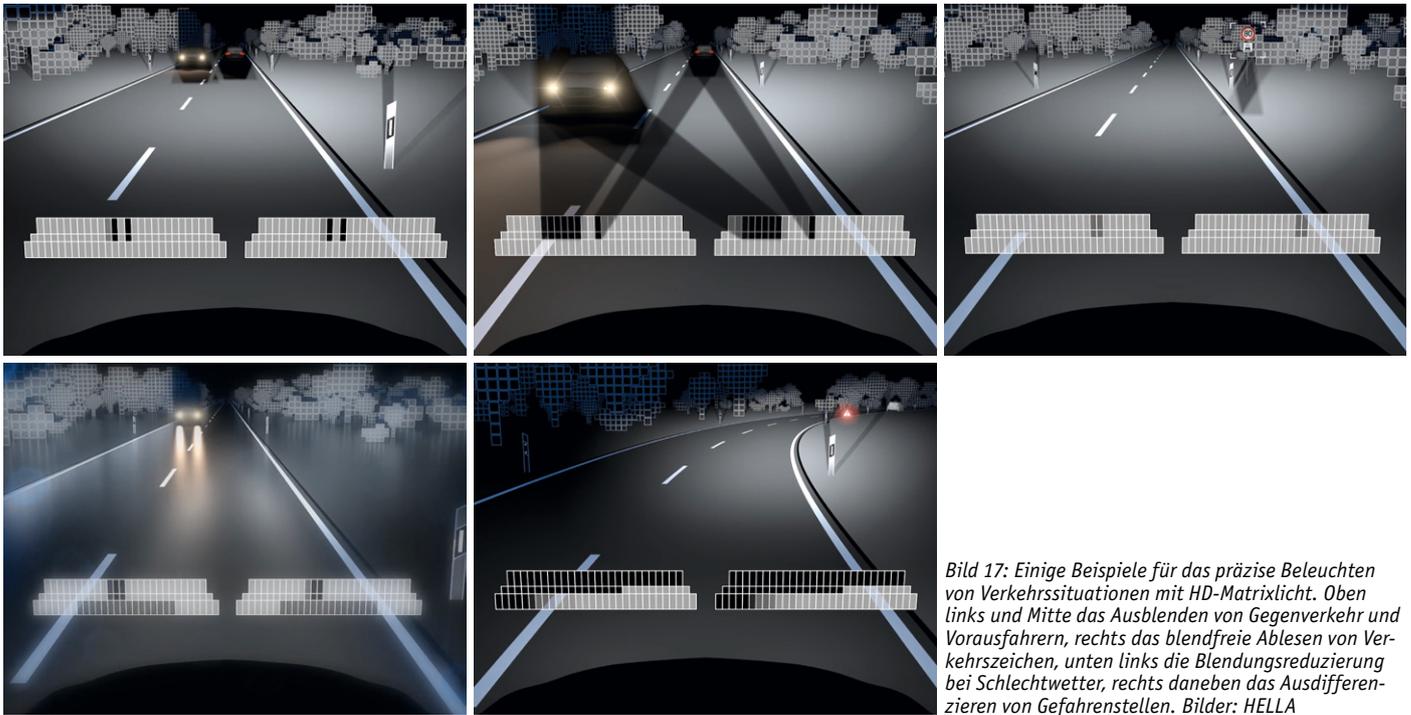


Bild 17: Einige Beispiele für das präzise Beleuchten von Verkehrssituationen mit HD-Matrixlicht. Oben links und Mitte das Ausblenden von Gegenverkehr und Vorfahrern, rechts das blendfreie Ablesen von Verkehrszeichen, unten links die Blendungsreduzierung bei Schlechtwetter, rechts daneben das Ausdifferenzieren von Gefahrenstellen. Bilder: HELLA

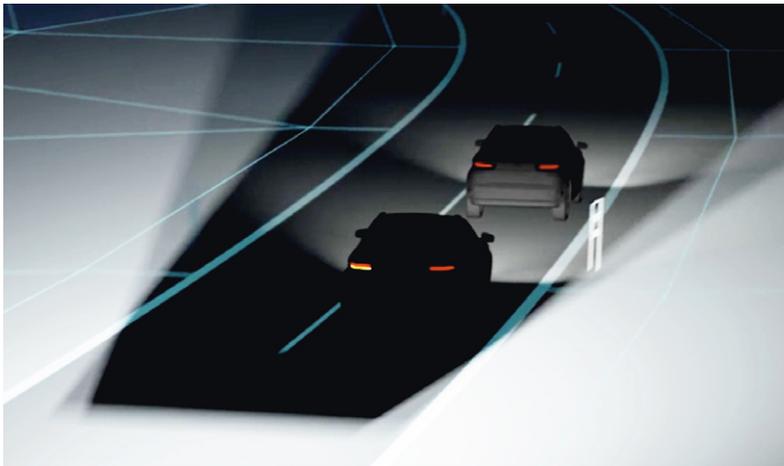


Bild 18: Beim sogenannten prädiktiven Ausblenden wird deutlich sichtbar, wie Kamera- und LED-Lichtsysteme auch komplexe Situationen sicher bewältigen können – der Überholte wird an keiner Stelle geblendet, der Überholende hat aber ein genügend helles und breites Lichtfeld. Bild: HELLA

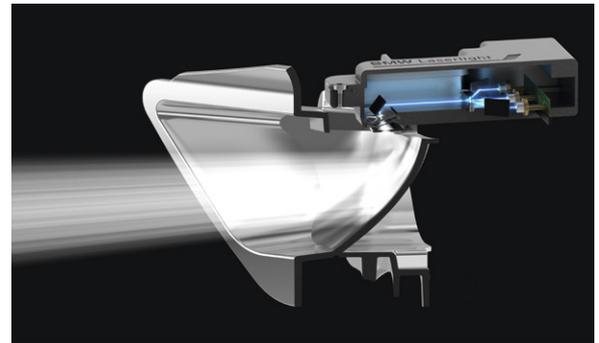


Bild 19: Der typische Aufbau eines Laserfernlichtscheinwerfers – über bewegliche Spiegel lässt sich das Licht dynamisch lenken. Bild: BMW

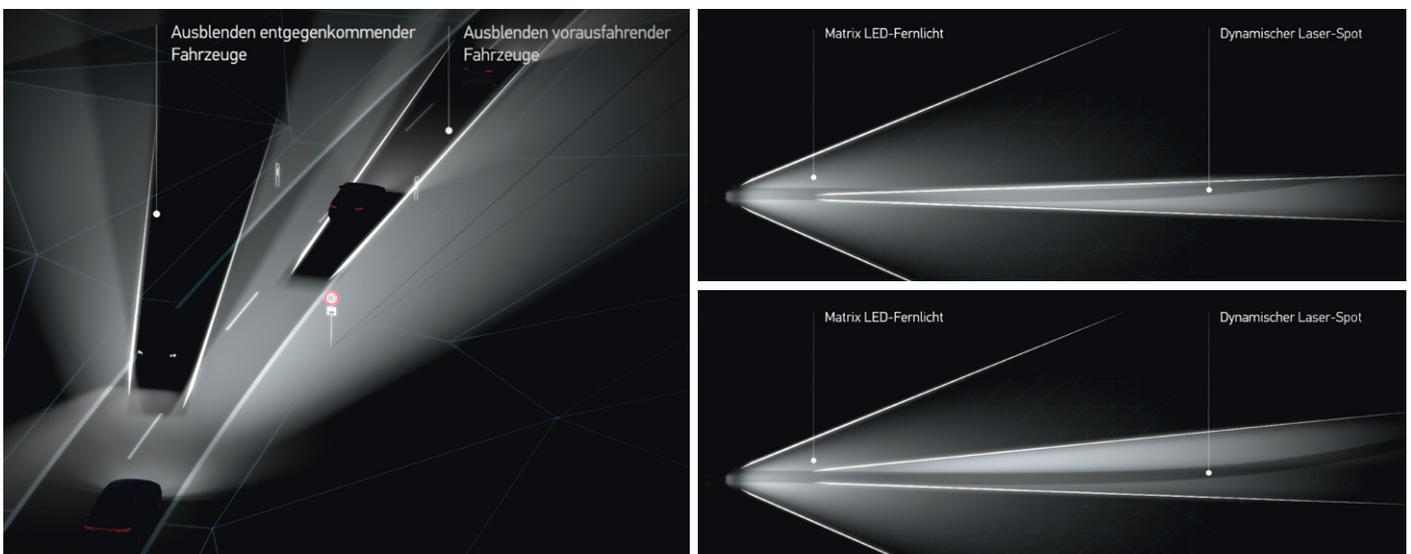
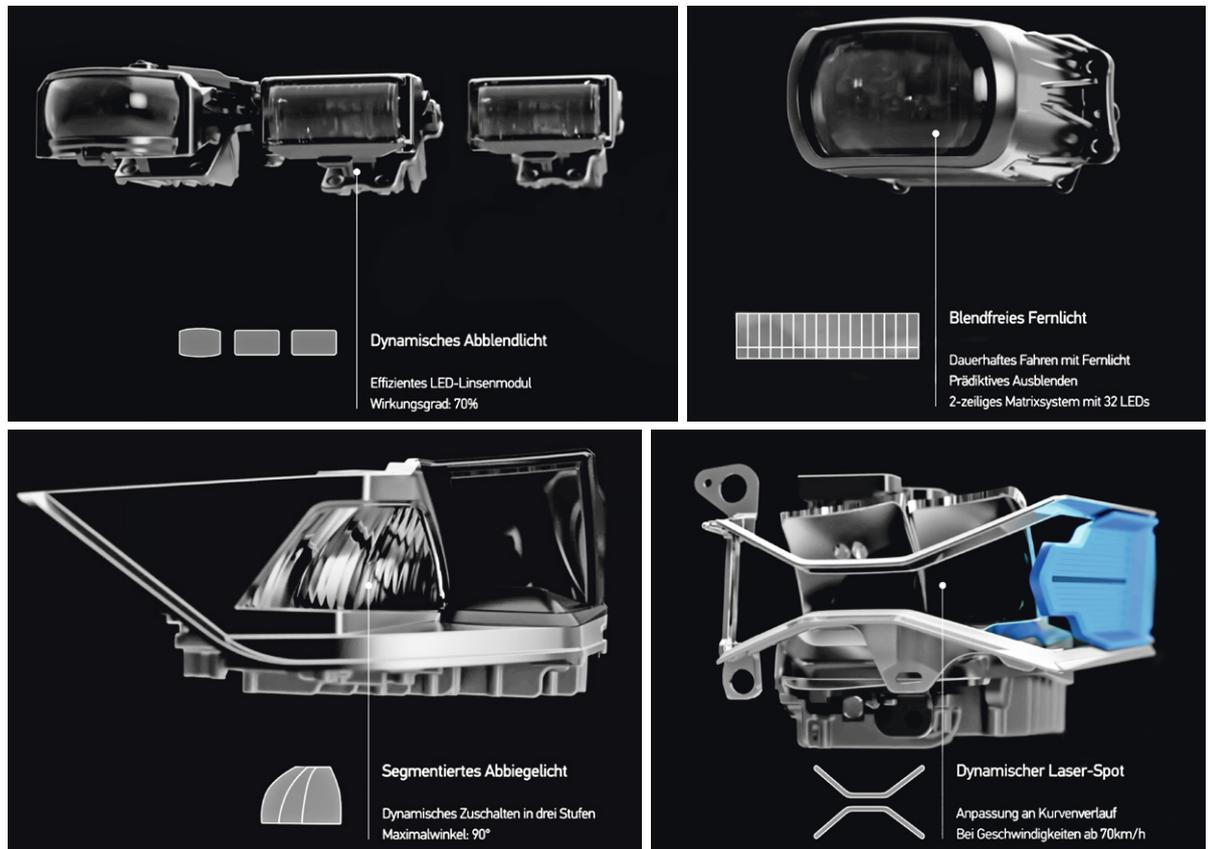


Bild 20: Das blendfreie Fernlicht mit Laserspot im Zusammenspiel mit dem LED-Matrixlicht ermöglicht enorme Leuchtweiten bei gleichzeitig stark differenzierbarer Ausleuchtung, links am Beispiel Gegen- und Vorfahrverkehr, rechts mit dynamischem Laserspot zur Kurvenausleuchtung. Bilder: HELLA

Bild 21: Derart komplex ist eine moderne LED-/Laser-Scheinwerferkombination aufgebaut. Bilder: HELLA



Wie solch ein System technisch aussieht, zeigt Bild 19. Die Strahlen mehrerer Laserdioden werden in einem Linsensystem gebündelt und in ein Reflektorsystem geleitet, das die indirekte Abstrahlung vornimmt. Die Reichweite dieses Systems ist enorm, es werden 500 bis 700 m für das damit gestaltete Fernlicht bei gleichzeitig gesteigerter Helligkeit erreicht. Typisch Laser – die kleinen Optiken sind beweglich und können so den Laserstrahl dynamisch auslenken, sodass man mithilfe des steuernden Kamerasystems und der integrierten Navigation etwa schnell gefahrene Kurven weit voraus ausleuchten kann. Bild 20 illustriert dies, auch im Vergleich zum begleitenden Matrix-LED-Fernlicht, das dann eher den näheren Bereich breit ausleuchtet. Aus Sicherheitsgründen ist das Laserfernlicht jedoch erst bei höheren Geschwindigkeiten aktiv, etwa für die schnelle Landstraßen- und Autobahnfahrt, bei BMW z. B. ab 60 km/h. Wie komplex ein so mit LED-Matrixlicht und Laserlicht ausgestattetes Scheinwerferdesign aussehen kann, zeigt uns Bild 21 in der Zusammenfassung. Hier ist wirklich alles, was die Technik derzeit hergibt, zusammengefasst. In Bild 22 sieht man im Übrigen, dass das Laserlicht durchaus nicht nur auf Autos beschränkt ist, auch Motorräder (Bild 22 zeigt eine Studie) sind inzwischen damit ausrüstbar.

### Und hinten?

Die sonstige Außenbeleuchtung ist ja, wie eingangs erwähnt, schon länger als LED-Beleuchtung im Einsatz. Dabei geben heute im Zeitalter der leistungsstarken LEDs diese den Fahrzeugdesignern ganz neue Designmöglichkeiten an die Hand. Besonders augenfällig ist dies an den Fahrzeugfronten, wo heute qua-



Bild 22: LED- und Laserlicht ziehen auch beim Motorrad ein. Bild: BMW



Bild 23: Typisches Leuchtbild bei der Beleuchtung über Prismenstäbe. Bild: BMW



Bild 24: Schön über die Fläche verteiltes diffuses Leuchtbild bei indirekter LED-Einstrahlung. Bild: HELLA

si alle Tagfahr-, Stand- und Blinkleuchten in firmentypischen Designs agieren. Dabei wird in den meisten Fällen LED-Licht in sogenannte Prismenstäbe eingekoppelt, die es dann leiten und über die eingearbeiteten Prismen abstrahlen (Bild 23). Die in den Anfangszeiten praktizierten Leuchten mit punktförmigen LED-Anordnungen sind heute überholt und werden umgangssprachlich auch als „Zirkuswagenbeleuchtung“ verspottet – ein unangenehmes und stark ablenkendes Leuchtbild.

Eigentlich noch spannender geht es am Heck zu. Auch hier nutzen die Fahrzeugdesigner alle technischen Möglichkeiten. Die derzeit noch am meisten verbreitete Variante ist die direkte Abstrahlung, wie wir sie bereits anfangs in Bild 1 kennengelernt haben. Deutlich interessanter ist



Bild 25: Durchstrahlte, dreidimensionale Leuchtkörper ergeben ein plastisches, glühend erscheinendes Leuchtbild mit Tiefeneffekt.



Bild 26: Besonders effektiv ist die Kombination verschiedener LED-Abstrahltechniken. Bild: Mercedes-Benz



Bild 27: OLED-Technik ermöglicht eine völlig neuartige, dreidimensional gestaffelte Leuchtengestaltung – hier an einem Versuchsfahrzeug. Bilder: BMW

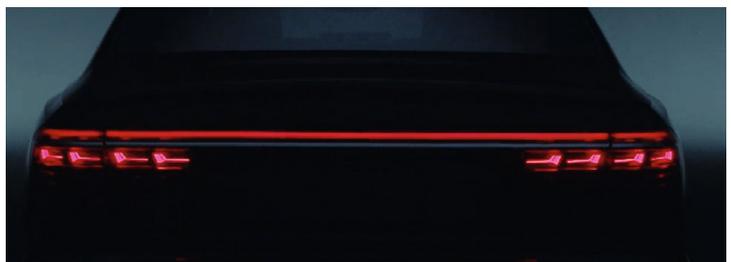


Bild 28: Ein Leuchtenbild wie aus einem Science-Fiction-Film – die OLED-Beleuchtung am aktuellen Audi A8. Links unten ist der Aufbau der einzelnen Elemente gezeigt. Bilder: HELLA

schon das Leuchtbild, das sich ergibt, wenn man die LEDs für die verschiedenen Aufgaben der Leuchte indirekt in zugehörige Reflektoren strahlen lässt (Bild 24). Das ergibt ein schönes flächiges und in der Tiefe gestaffeltes Licht.

Mit der bereits erwähnten Lichtleittechnik lassen sich auch sehr schöne Tiefeneffekte erzielen. Dabei greift man nicht nur auf die Prismentechnik zurück, man durchstrahlt auch massive, dreidimensionale Lichtleitkörper, die so einen sehr gleichmäßigen und in die räumliche Tiefe gehenden, zum Teil glühend erscheinenden Lichteindruck erzeugen (Bild 25).

Ein wahrer Hingucker sind Spiegel tunnel, wie der Elektroniker sie aus der LED-Effekttechnik kennt, wo man den unendlichen Spiegeleffekt über eine Spiegelkombination aus nicht durchlässigen und halb durchlässigen Spiegeln erzeugt. Bild 2 zeigte bereits ein solches Beispiel. Oft sieht man, wie am Mercedes GLC in Bild 26, auch Kombinationen aus verschiedenen Techniken.

Die derzeitige Krone der LED-Technik am Auto ist allerdings die OLED-Technik. Die OLED ist eine sogenannte organische Leuchtdiode, ein Dünnschichtbauelement aus organischen statt kristallinen Halbleitern, das uns in Displays schon lange begleitet und dort den Vorteil hoher Kontraste, satter Farben und fortfallender Display-Hintergrundbeleuchtung ausspielen kann. Letzteres macht es auch möglich, dass diese Displays sehr flach sein können. Als Flächenleuchte kommt diese Technik jedoch aufgrund der geringeren Lichtleistung gegenüber der herkömmlichen LED vielfach nicht infrage. Zudem erreichten in der Vergangenheit auch die Lebensdauer, die Temperatur- und Klimabeständigkeit und die mechanische Stabilität nicht die Kriterien, die Automotive-Anwendungen verlangen.

Aber auch hier macht diese Technik große Fortschritte, und die Autodesigner warten schon lange auf robuste und flächige OLEDs, eröffnen sie ihnen doch erneute Spielräume der Leuchtengestaltung. Nachdem man lange nur Versuchsträger auf Messen sah, Bild 27 zeigt einen solchen, fahren nun die ersten Fahrzeuge mit diesen Leuchten auf der Straße, hierzulande derzeit im aktuellen Audi A8 (Bild 28). Der optische Eindruck dieser Leuchten ist frappierend, weil neben einem wirklich tollen Leuchtbild auch ein schöner Tiefeneffekt durch die hier einfach mögliche Tiefenstaffelung der OLED-Elemente entsteht. Da sich OLED-Elemente auch beliebig formen lassen und einzelne Elemente unterschiedliche Farbschattierungen aufweisen können, wenn man sie dimmt, eröffnet sich hier ein hohes gestalterisches Potenzial, das uns in Zukunft noch interessante Fahrzeugdesigns bescheren wird. **ELV**