

Gas statt Glühfaden - High-Tech in der Lampe Teil 2

Längst beherrscht die herkömmliche Glühlampe nicht mehr allein das Feld der modernen Fahrzeugbeleuchtung. Neue Lichtkonzepte mit modernsten Komponenten wie Lichtleiter und LED sowie bessere Beherrschung optischer Effekte und Überwachung der Beleuchtungsanlage kennzeichnen die Forschung und die ersten Anwendungen in unseren Fahrzeugen. Diesen Entwicklungen und einigen Ausblicken in die Zukunft widmet sich der abschließende Teil des Artikels.

Superflacher Powerlichtleiter

Eine interessante, aber bisher leider in der Praxis noch nicht anzutreffende Version der Xenon-Scheinwerfer stellte Bosch bereits vor einigen Jahren vor (Abbildung 9). Um den Forderungen der Designer nach einer voll in die Karosseriestruktur integrierten Scheinwerferereinheit zu genügen, verlegt man hier die eigentliche Scheinwerferereinheit mit Steuerelektronik und Gasentladungslampe irgendwo in die Karosserie (ob des hohen Preises an eine unfallgeschützte Stelle der Karosserie) hinein und

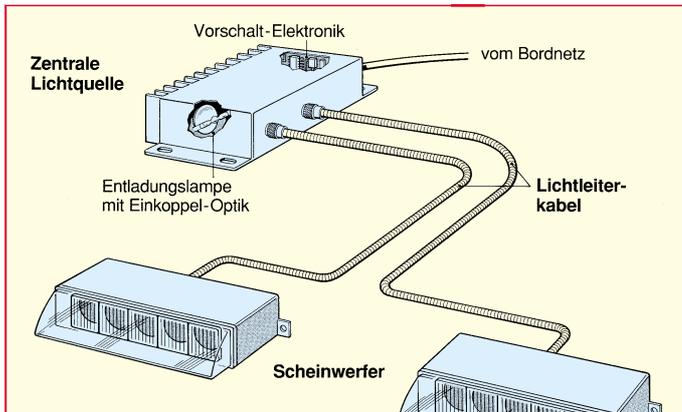


Bild 9: Das Lichtleiter-Xenon-Scheinwerferprojekt von Bosch erlaubt flachste Lichtaustritte mit intelligenter Aufteilung der einzelnen Beleuchtungsaufgaben. Grafik: Bosch.

führt das Licht über Lichtleiterkabel zum extrem kompakt zu haltenden Lichtaustritt (Scheinwerfer kann man das ja dann nicht mehr nennen). Hier wird dieses Licht auf eine Linsenoptik geleitet.

Der Lichtaustritt besteht aus vier Einzel-Linsenprojektionssystemen mit je 40 mm Durchmesser, so daß der Gesamt-Scheinwerfer nur etwa 170 x 40 mm mißt. Jedes der vier Linsensysteme hat bestimmte Aufgaben der Lichtverteilung. Das Gesamtsystem entspricht in seinen optischen Eigenschaften dann den vorgeschriebenen ECE-Lichtverteilungs-Richtlinien.

Ein ähnliches System finden wir auch bei den später beschriebenen Heckbeleuchtungssystemen.

Obwohl der Xenon-Scheinwerfer die revolutionärste Neuigkeit auf dem Gebiet der Fahrzeugbeleuchtungstechnik ist und damit den Schwerpunkt dieses Artikels

bildet, gibt es auch auf dem Gebiet der „restlichen“ Fahrzeugbeleuchtung in den letzten Jahren bedeutende Neuigkeiten. Deren Einführung steht im wesentlichen die Trägheit der zuständigen Gesetzgeber entgegen, wie z. B. die dringend notwendige, weil veraltete Revision der asymmetrischen Hell-Dunkel-Grenze oder die Festlegung neuer Normen der rückwärtigen Fahrzeugbeleuchtung.

In die Kurve hineingeleuchtet

Zum ersten Problem tut zwar die Xenon-Scheinwerfertechnik einiges, aber einer

völlig neuen Technologie ist gegenwärtig noch der breite Markt verwehrt. Dabei handelt es sich um eine variable Lösung der unterschiedlich auftretenden Beleuchtungsprobleme in der Praxis.

So benötigt man z. B. auf der Autobahn eine möglichst große Reichweite des Lichts, in der Kurve die gezielte Ausleuchtung des Fahrbahnrandes und im Stadtverkehr eine möglichst breite Ausleuchtung des Fahrzeugvorfeldes (Abbildung 10).

Die technische Lösung hierzu heißt variable Lichtverteilung und ist bei den Lampenherstellern fertig entwickelt. Bosch etwa hat einen solchen Multifunktionsscheinwerfer (Abbildung 11) parat, der den oben genannten Anforderungen durch eine Multireflektortechnik bereits gerecht wird. Durch eine geschickte Kombination der einzelnen Reflektorflächen läßt sich für jede Fahrtsituation eine optimale Lichtverteilung erzielen.

Die Steuerung dieses Scheinwerfers erfolgt durch die ohnehin zur Fahrzeugfunktion erforderlichen Sensoren und deren

Bild 10: Die variable Lichtverteilung ermöglicht die flexible Anpassung an die verschiedensten Fahrsituationen. Grafik: Bosch

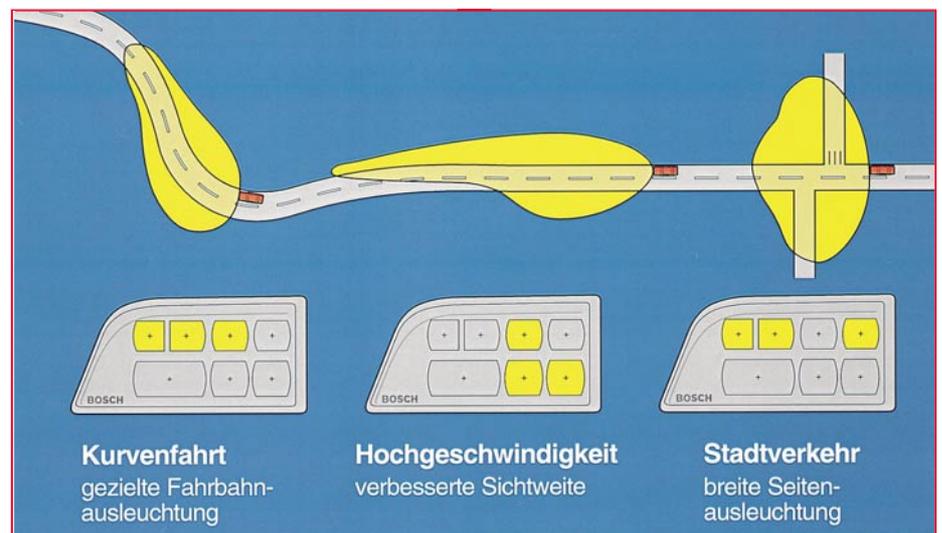




Bild 11: Der Scheinwerfer mit variabler Lichtverteilung besteht aus einer Vielzahl speziell ausgelegter Einzelreflektoren, die durch die Fahrzeugelektronik intelligent gesteuert werden. Foto: Bosch.

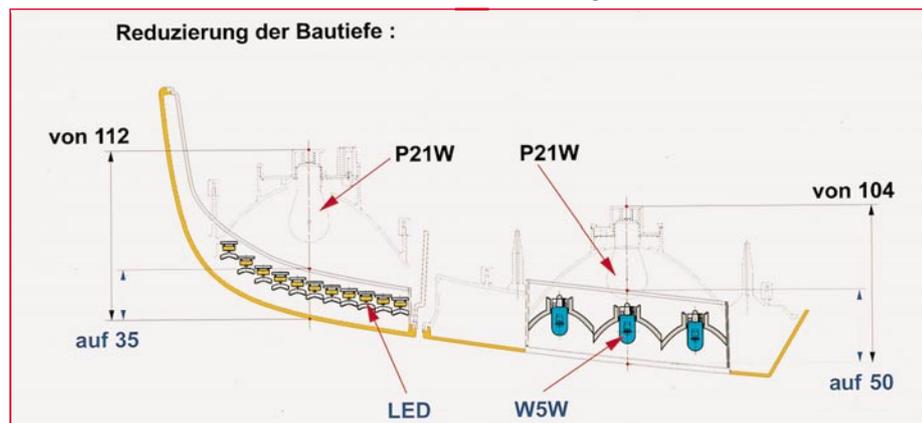
nachgeschaltete Mikroprozessortechnik. In dieses System sind auch Sensoren zur Erkennung des Fahrbahnzustands (feucht/trocken, bedingt unterschiedliche Lichtreflexionswerte) integrierbar, wie sie z. B. im Rahmen des Prometheus-Projektes zur Beeinflussung von Fahrstabilitätssystemen erprobt werden (siehe Beitrag „Die Silizium-Helfershelfer“ im „ELVjournal“ 1/95).

Auch hinten Neues

Aber auch auf dem Gebiet der rückwärtigen bzw. Blinkbeleuchtung tut sich derzeit einiges. Vorherrschend ist hier der Trend zur Lichtleitertechnik und zur LED-Beleuchtung, verbunden mit der geschickten farblichen Gestaltung der Leuchtenabdeckungen, so daß durch Farbmischeffekte, wie etwa der subtraktiven Farbmischung, die vorgeschriebenen Leuchtfarben zu den einzelnen Signalisationsformen entstehen.

LEDs haben gegenüber herkömmlichen Glühlampen gravierende Vorteile, die sie zur Fahrzeugbeleuchtung geradezu prädestinieren. Sie weisen eine hohe Lebensdauer auf, leuchten bereits in allen benötigten Farben, sind so zu fertigen, daß sich optische Elemente der Leuchte weitgehend erübrigen (Richtcharakteristik, Lichtver-

Bild 12: Die Kombination von Leuchtdioden und Kleinglühlampen ermöglicht eine deutliche Reduzierung der Einbautiefe einer Leuchte, hier am Beispiel einer Heckleuchte demonstriert. Grafik: Hella.



teilung) und sind vor allen Dingen wesentlich kompakter, so daß die Fahrzeugdesigner neue Spielräume bekommen und eine preiswertere Karosserieproduktion durch Fortfall von Durchbrüchen etc. realisiert werden kann. Bis zu 80 mm Bautiefe lassen sich so einsparen (Abbildung 12).

(Fast) alles mit LEDs

Die Helligkeit moderner LEDs ist heute durch geschickte konstruktive Ausführung teilweise höher als die herkömmlicher Glühlampen, zudem sind sie in nahezu beliebigen Mengen kombinierbar. Schließlich kann man bis zu 80% Energie gegenüber herkömmlichen Glühlampen einsparen, und es kann auch kein Glühfaden brechen.

Eingang in die praktische Anwendung findet die LED-Beleuchtung derzeit massiv im enorm wichtigen Bereich der Zusatz-Bremsleuchten. Hier bedeutet bekanntlich jede Zehntelsekunde fast das Leben. Die LED-Bänder der Zusatz-Bremsleuchten (bis zu 40 LED) leuchten bereits 0,2 s vor der Glühlampen-Bremsleuchte auf. Damit werden nachfolgende Verkehrsteilnehmer deutlich früher gewarnt.

In Zahlen heißt dies: ganze 5 m mehr Bremsweg bei 100 km/h, was Fahrern einiger älterer Fahrzeugfabrikate mit ihren oft mehr als 50 m Bremsweg aus 100 km/h das Leben retten kann (moderne deutsche Fahrzeuge kommen zum Teil mit 36 bis 41 m Bremsweg aus 100 km/h aus). Wer einmal

eine Notbremsaktion am Autobahn-Stauende erlebt hat, weiß, wie wertvoll jeder Zentimeter werden kann.

Derartige Leuchten sind sehr kompakt herzustellen, sie weisen nur wenige Millimeter Einbautiefe auf, entsprechend kompakt kann das Gesamtleuchtensystem ausfallen. Sie sollen zunehmend Eingang in die Gesamtbeleuchtungskonzepte der Fahrzeughersteller finden. Hella demonstriert eine solche Komplettlösung an einem Prototypenfahrzeug, einem Citroen Xantia. Werden die Signalfunktionen abgerufen, erzeugen LEDs die vorgeschriebenen Farben Rot und Gelb. Lediglich das Rückfahrlicht verfügt über vier 5-Watt-Glühlampen, da mit LEDs die Signalfarbe Weiß nicht realisierbar ist.

Mit einem vor der LED plazierten Optikelement läßt sich ein Leuchtenmodul realisieren, das das Licht erfaßt und annähernd parallel richtet. Die nachfolgende Streuoptik erzeugt die erforderliche Lichtverteilung und erzielt eine homogene Ausleuchtung der gesamten Signalfäche. Der Prototyp der Xantia-Heckleuchte ist im Blink- und Bremslichtfeld mit je 44 LEDs, im doppelten Schlußlichtfeld mit 44 plus 24 LEDs sowie im Nebelschlußlichtfeld mit 40 LEDs bestückt (Abbildung 13).

Leuchtendes Glas

Eine andere Richtung zur kompakten Rückleuchte führt über die Lichtleitertechnologie. Hier kann die Bautiefe der Leuchte auf bis zu 15 mm reduziert werden. Die



Bild 13: Ein markantes Heckprofil durch weiße Optik verleiht die LED-Heckleuchtenstudie dem Prototypenfahrzeug. Rote und gelbe LEDs erzeugen die Farben, der Rückfahrcheinwerfer wird durch eine Kleinglühlampenkombination gebildet. Foto: Hella.

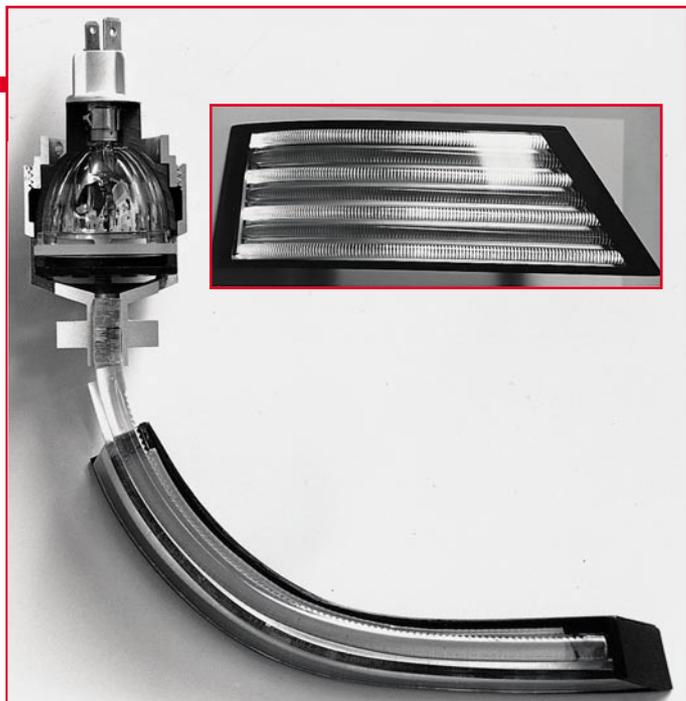


Bild 14: Der nur 15 mm tiefe Prototyp einer Heckleuchte mit Lichtleitertechnik. Mehrere Lichtleitstäbe werden individuell kombiniert, durch intelligente Filterung läßt sich die Abschlußscheibe neutral weiß halten. Foto: Hella.



Bild 15: Der Mercedes-Benz-Technologieträger F 100 zeigt Heckleuchten in Lichtleitertechnik in extrem flacher und karosseriebündiger abschließender Bauweise. Foto: Mercedes-Benz.

für die eigentliche Lichterzeugung erforderlichen Komponenten (Reflektor, Glühlampe, Farb- und Wärmeschutzfilter finden Platz in den Hohlräumen der Karosserie (Radhaus, Kotflügel).

Bei der Lichtleitertechnik besteht die Grundidee darin, nicht mehr die elektrische Energie, sondern gleich das Licht aus einer zentralen Lichtquelle mit Lichtleitern zu den jeweiligen Leuchtenfunktionen zu transportieren. Das von einem Ellipsoidreflektor gebündelte Licht tritt durch einen Farbfilter (rot oder gelb) und wird in die Stirnfläche eines zylinderförmigen Lichtleitstabes eingekoppelt. In diesem Plexiglas-Lichtleiter, der auch Biegungen aufweisen kann, wird das Licht durch Totalreflexion transportiert, bis es auf rückseitig angebrachte, verspiegelte Prismen fällt. Sie lenken das Licht in Signalrichtung ab.

Mehrere Lichtleitstäbe lassen sich zu individuellen Heckleuchten kombinieren. Im unbeleuchteten Zustand macht die komplette Leuchte einen brillant-weißen, fast neutralen Eindruck (Abbildung 14).

Mercedes-Benz stellte bereits 1991 einen Technologieträger, den F 100 vor, der neben Xenon-Scheinwerfern auch Heckleuchten in Lichtleitertechnik aufwies. Diese hatten nur zwei Zentimeter Bautiefe und ermöglichten so das Aufsetzen auf die Außenhaut der Karosserie, so daß Durchbrüche nicht mehr nötig waren. Damit kann eine wesentlich steifere Karosseriestruktur erreicht werden.

Durch das bündige Ausführen dieser Heckleuchten sind sogar Wischersysteme einsetzbar, ein wesentlicher Sicherheitsaspekt besonders für Kombi- und Kompaktfahrzeuge (Abbildung 15).

Optik-Tricks

An dieser Stelle noch ein Wort zu den derzeit modischen, an die Fahrzeugfarbe angepaßten Heckleuchten, wie wir sie besonders an VW-Fahrzeugen beobachten können. Der Effekt beruht ausschließlich auf der intelligenten Ausnutzung des physikalischen Prinzips der subtraktiven Farbmischung. So entstehen z. B. die Farben in der mintgrünen Hella-Heckleuchte für den VW Golf: Ein gelb-rotes Filter vor der weißen Glühlampe sorgt für gelbes Blinklicht. Das weiße Rückfahrlicht entsteht durch ein rosa Zwischenfilter. Kräftig rot ist das Filter für die roten Signalfunktionen. Spezielle Linsen und Verspiegelungen sorgen für die nötige Lichtstärke. Nach ähnlichen Prinzipien sind auch die vielen schwarzen, roten und weißen Heck- und Blinkleuchten hergestellt, die bei verschiedenen Fahrzeugtypen wie Opel, Porsche, Audi, Ford u.v.m. bereits zur Erstausrüstung gehören.

Vor eigenen Experimenten etwa mit Farben, wie vereinzelt in Kleinanzeigen angeboten, sei hier ausdrücklich gewarnt!

Details mit CELIS

Die Lichtleitertechnik findet auch zunehmend Eingang in die Fahrzeug-Innenbeleuchtung, wie das Hella-Projekt CELIS beweist. Hier werden ebenfalls zahlreiche Lichtleiter von einer zentralen Lichtquelle versorgt, diese verteilen das Licht im gesamten Innenraum entsprechend seiner jeweiligen Aufgabe an verschiedene Endeinrichtungen wie Linsen, Projektoren, Farbfilter etc. (Abbildung 16).

Gerade die intelligent gelöste Innenbeleuchtung wird heute immer wichtiger. Dies beginnt bei der gezielten Beleuchtung von

Bild 16: Das CELIS-Innenbeleuchtungsprojekt von Hella besteht aus mehreren dezentralen Systemen: Lichtquelle-(6- und 10-Watt- Xenon- oder Halogenlampen) -Lichtleiter-Lichtaustrittskörper. Letztere können speziell der gewünschten Beleuchtungsaufgabe angepaßt werden. Foto: Hella.

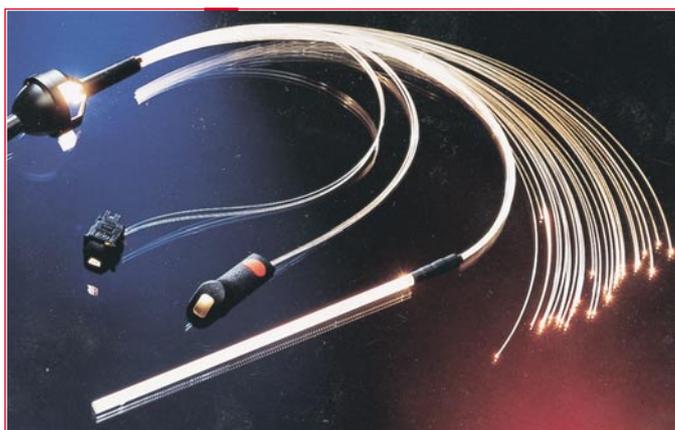




Bild 17: Sicheres Ein- und Aussteigen mit dem „Pfützenlicht“ und der Türwarnleuchte. Neben diesen werden beim Öffnen der Tür Türschwelle, Zündschloß, Sitz- und Gurtverstellung durch das CELIS-System beleuchtet.
Foto: Hella

Bedienelementen, geht weiter über die Lese- und Arbeitsplatzbeleuchtung, die Ausstiegsbeleuchtung sowohl nach hinten als auch nach unten (Pfützen-Effekt, Abbildung 17) bis hin zu ganz speziellen Beleuchtungsaufgaben, z. B. der Ausleuchtung des Fußraums bei der Suche nach dem heruntergefallenen Schlüssel, der Beleuchtung der Luftdüsen, der Türöffner, der Schalter auf der Mittelkonsole, der Gurtschlösser usw. (Abbildung 18).

Derartige Detailbeleuchtung boten bisher nur wenige Fahrzeuge wie die von BMW oder Mercedes-Benz. Sie war recht aufwendig, benötigte viele Glühlampen mit entsprechender Leistungsaufnahme und Störanfälligkeit.

Celis löst das Problem mit einer flexiblen Anzahl von Lichtleitern für jede Beleuchtungsaufgabe und bringt Licht auch dahin, wo es, auch aus thermischen Gründen, der herkömmlichen Glühlampe verwehrt war.

Als Lichtquelle dienen 6- und 10 W-Xenon- oder Halogenlampen in einem verspiegelten Ellipsoidreflektor. Der Einzeldurchmesser der Lichtleitfaser beträgt 0,5 bis 1 Millimeter. So sind wirklich alle Beleuchtungsaufgaben selbst in kompliziertesten Konfigurationen zu lösen. Dieses Innenbeleuchtungssystem steht kurz vor der Serieneinführung bei den Fahrzeugherstellern und ist sogar als Nachrüstlösung denkbar.

Es sorgt in deutlichem Maße für die Erhöhung der passiven Sicherheit im Fahr-

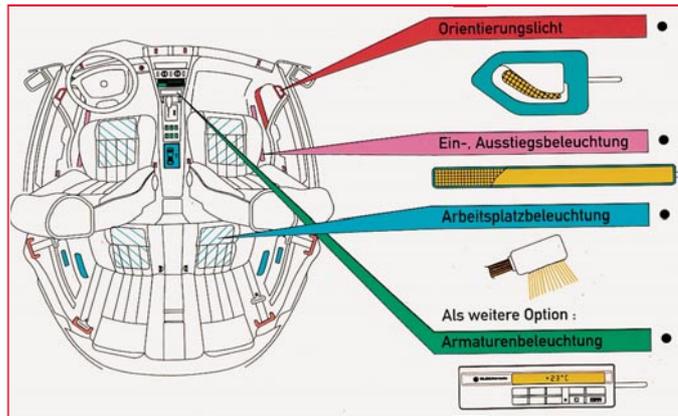


Bild 18: Das Gesamtkonzept des CELIS-Systems sieht bis zu 69 verschiedene Lichtaustrittsflächen für die unterschiedlichsten Aufgaben vor.
Grafik: Hella.

zeuginnenraum, da die Suche nach Bedienelementen vereinfacht wird und eine deutliche Verbesserung des Komforts und damit des Wohlbefindens der Fahrzeuginsassen eintritt (Abbildung 19).

Lampendiagnose im Klartext

Zu derart modernen Fahrzeugbeleuchtungssystemen, wie sie hier beschrieben werden, gehört heute eine entsprechende Überwachungstechnik, die den Ausfall einer Leuchte sofort meldet. Vorbildlich hat BMW dies seit Jahren mit seiner Check-Control gelöst, die alle Glühlampen per Strommessung ständig überwacht und einen Ausfall sofort im Display als Klartext meldet.

Diese Meldung verschwindet erst nach

Einsetzen einer intakten Glühlampe und taucht auch nach jedem neuen Motorstart wieder auf, solange der Fehler nicht behoben ist. Die Strompfade der BMW-Beleuchtung sind besonders einfach zu überwachen, da sämtliche Beleuchtungsfunktionen quasi über eine zentrale Schalteinheit gehen.

Andere Hersteller haben hier nachgezogen, allerdings sind auch diese Features leider meist immer noch den Fahrzeugen ab Mittelklasse aufwärts vorbehalten und dann meist auch noch als Sonderzubehör. So werden wir wohl noch eine Weile mit Einäugigen und einseitigen Bremsleuchten leben müssen, denn derartige Fahrzeugdiagnosesysteme sind derzeit noch recht teuer.

Insgesamt gesehen kann man jedoch das



deutliche Bemühen der Industrie um die Verbesserung der Sicherheitsstandards bei der Fahrzeugbeleuchtung konstatieren, wenn auch die Gesetzgebung auf einigen der innovativsten Gebiete dieser modernen Technik noch hinterherhinkt. **ELV**

Bild 19: Die CELIS-Orientierungsbeleuchtung sieht bis zu 24 Beleuchtungsfunktionen im Innenraum vor. Durch die dezente Beleuchtung der Funktionselemente soll auch die Raumwahrnehmung im Fahrzeuginnenraum entscheidend verbessert werden.
Foto: Hella