



Gas statt Glühfaden - High-Tech in der Lampe

Sie erobern systematisch die moderne Fahrzeugbeleuchtung, dringen inzwischen schon in die (obere) Mittelklasse vor - modernste, elektronisch gesteuerte Beleuchtungssysteme. Glühlampen werden durch Gasentladungslampen, Lichtleiter, LEDs ersetzt, intelligente Elektronik steuert die Fahrbahnausleuchtung, gleicht unterschiedliche Beladungszustände aus... Ein Streifzug durch die modernste Beleuchtungstechnik unserer Fahrzeuge.

Unsere Fahrzeuge werden immer schneller, Verkehrssituationen immer unübersichtlicher und komplizierter, und es gibt immer öfter wetterbedingten Anlaß, die Fahrzeugbeleuchtung einzusetzen.

Derlei Anforderungen genügen herkömmliche Beleuchtungseinrichtungen, die alle vom Prinzip her auf der Einführung des elektrischen Scheinwerferlichts in Deutschland 1914 beruhen, zunehmend weniger. Es gibt genügend Fahrzeuge im Straßenverkehr, die noch nicht einmal mit Halogenlicht bestückt sind (heute schon bei Fahrrädern Quasi-Standard), geschweige denn mit durchdachten und wirklich funktionellen Heckleuchten.

Wie viele Fahrzeuge fahren „einäugig“ umher oder die Heckbeleuchtung funktioniert nur flackernd, halbseitig oder scheinbar regellos, weil Masseverbindungen defekt sind?

Dazu kommen die Anforderungen der Fahrzeugdesigner, die Leuchten immer kleiner und weiter in das Fahrzeug hineingestaltet wissen möchten und dazu immer extremere Forderungen an das Design von Scheinwerfern und Leuchten stellen.

Die Lösung liegt in der Einführung neuer Beleuchtungstechnologien, die eine verbesserte Fahrbahnausleuchtung in allen Situationen, die schnelle und betriebssichere Signalisation nach hinten und die ausgefeiltere Überwachung all dieser Systeme ermöglichen.

Derlei Lösungen haben sich die auf diesem Gebiet führenden Firmen, wie Hella und Bosch gemeinsam mit den Fahrzeugherstellern intensiv gewidmet und sind in den letzten Jahren bereits zu beachtlichen Ergebnissen gekommen. Nicht zuletzt dies hat zur Diskussion um neue Beleuchtungsnormen, die die mehr als 30 Jahre alten jetzigen Normen ablösen sollen, geführt. Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes Eureka stehen solche Normen vor der Tür, um den modernen Verkehrsanforderungen Genüge zu tun.

Neue Konzepte gefragt

Eine ganz wesentliche Rolle bei der Realisierung neuer Beleuchtungskonzepte spielt die Ausleuchtung der Fahrbahn vor dem Fahrzeug. Einerseits soll sie weit rei-

chen, um den Anforderungen an die Regel „Sichtweite (m) Δ Geschwindigkeit (km/h)“ bei den heutigen gefahrenen Geschwindigkeiten zu genügen, andererseits soll der Gegenverkehr möglichst wenig geblendet werden. Und schließlich kann die Lichtleistung auch nicht beliebig gesteigert werden. Dem stehen schwierig zu beherrschende Probleme der Stromversorgung, die wachsende Eigenblendung besonders bei Niederschlägen und thermische sowie mechanische Probleme entgegen.

Dazu kommt, daß der Anteil des Fernlichts an der Fahrzeugbeleuchtung aufgrund der hohen Verkehrsdichte kontinuierlich abnimmt und heute bei maximal 5% bei Viel-Nachtfahrern liegt. Entsprechend befindet sich der Entwicklungsschwerpunkt auf dem Gebiet des Abblendlichts.

Ein vorläufiges Optimum scheint man mit der Entwicklung und Serieneinführung der Xenon-Scheinwerfertechnik gefunden zu haben. Das intensiv blau leuchtende Licht fällt zur Zeit noch auf, weil derlei Ausrüstung bisher nur der Oberklasse wie Audi A8 und BMW 7er vorbehalten war.

Inzwischen sind diese Scheinwerfer schon in die obere Mittelklasse vorgedrungen und werden, wie es bei allen innovativen Systemen bisher geschah (man denke nur an ABS), bald auch in kleinere Fahrzeugklassen vordringen.

HNS - das bessere Halogenlicht

Eine Zwischenstufe dahin war das sogenannte HNS-Licht. Hier teilte man den herkömmlichen Reflektor des Scheinwerfers auf, der je nach Zuschaltung des jeweiligen Glühfadens der kombinierten Halogen- oder Glühlampe (H4) das Licht aus Teilbereichen seiner vollen Fläche heraus abstrahlte. So bekam jeder Scheinwerferabschnitt des Gesamtscheinwerfers, also der für Abblendlicht, der für Fernlicht und ggf. der für Nebellicht, einen eigenen Reflektorabschnitt, der optimal auf die jeweilige Halogenlampe (H1) ausgerichtet ist und eine entsprechend höhere Lichtausbeute ermöglicht.

Demgegenüber wurde beim herkömmlichen Scheinwerfer nur ein Teil des Reflektors ausgenutzt, je nach Lichtart der obere oder untere. Weitere Verluste in Verbindung mit denen der speziell angepassten Streuscheibe sind dort durch die teilweise Abdeckung von Lampe und Reflektor vorprogrammiert, um das asymmetrische Abblendlicht, noch dazu universell für Links- und Rechtsverkehr, erzeugen zu können.

Der HNS-Scheinwerfer dagegen (HNS - engl. Homogeneous Numerically calculated Surface, beschreibt die Methode der

Bild 1: Der HNS-Scheinwerfer mit H7-Lampe stellt mit seiner Leistungsfähigkeit das obere Ende der Halogenlampen-Leistungsskala dar. Grafikidee/Foto: Bosch/Mercedes-Benz

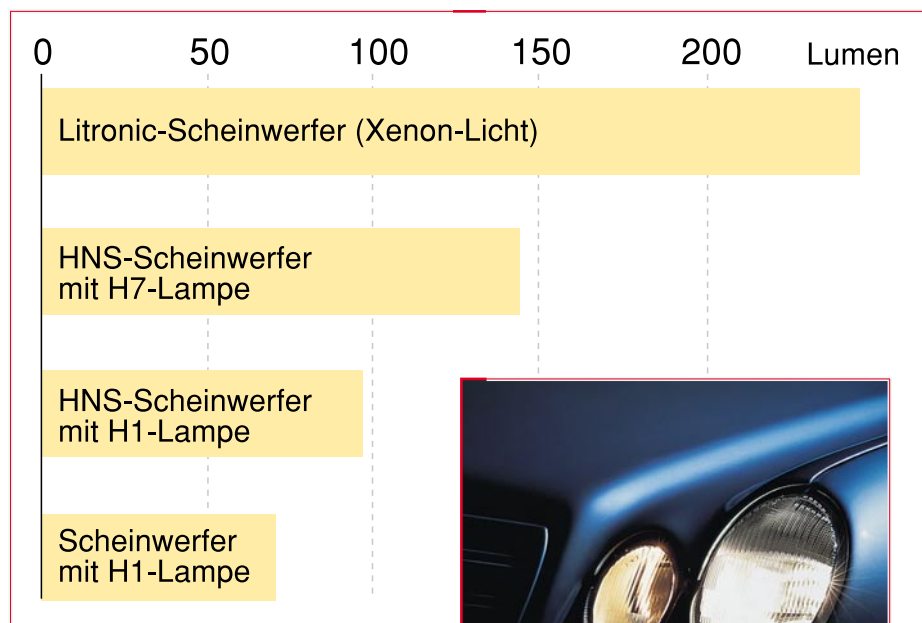


Bild 2: Die Mini-PES-Litronic-Scheinwerfer stellen eine extrem kompakte Generation der DE-Scheinwerfer dar. Links die noch einmal um die Hälfte kleinere Version des Xenon-Scheinwerfers. Foto: Bosch.

Reflektorberechnung) kann für die jeweilige Lichtart optimal berechnet werden und sichert so eine wesentlich höhere Lichtausbeute als herkömmliche Scheinwerfer (Abbildung 1). Die Anordnung der Einzelreflektoren kann man sich bei diesen Scheinwerfern ähnlich vorstellen wie beim später besprochenen Scheinwerfer mit variabler Lichtverteilung.

Die Lichtausbeute verbessert sich vor allem in den wichtigen Bereichen direkt vor dem Fahrzeug und am rechten Fahrbahnrand, wo eine Erhöhung der Reichweite von nahezu 50 m in der Dunkelheit oft lebenswichtigen Metern erreicht wird. Diese Scheinwerfer verzichten weitgehend auf optische Elemente in der Streuscheibe, da die gesamte computerberechnete Lichtverteilung über den Reflektor erfolgt. Sie arbeiten mit einer gegenüber herkömmlichen Lampen präziser positionierten H7-Halogenlampe z. B. in den Standardversionen der Mercedes E-Klasse.

DE - Licht durch die Lupe

Eine weitere Verbesserung liegt in der Erhöhung der Lichtausbeute durch die sogenannte Linsentechnik, bei der das Halogenlicht durch spezielle Linsen gezielt auf die Straße projiziert wird, ähnlich einem Diaprojektor. Diese Linsentechnik ist besonders effektiv einsetzbar, wenn die Designer die Techniker zu besonders kleinen Scheinwerfereinbauten zwingen und sie fand auch Eingang in die Xenon-Beleuchtungstechnik kleiner Scheinwerfer, wie etwa bei BMWs neuer 5er Serie mit DE-Scheinwerfern. Linsenscheinwerfer (auch DE-Scheinwerfer genannt) sind bereits seit Jahren an zahlreichen Fahrzeugtypen, hier seien nur BMW, Audi, VW und Porsche genannt, im Einsatz (Abbildung 2).

Mit all diesen Techniken waren die Potentiale der herkömmlichen Halogenlampe ausgereizt, zumal litt die Lebensdauer der Lampe, die ja immer noch mit einer Glühwendel arbeitet, unter der ständigen Erhöhung des Lichtstroms.

Xenon - glühende Dämpfe

Es galt also, völlig neue Wege zu beschreiten. So griff man Anfang der neunziger Jahre zu einem bereits aus Großleuchten altbekanntem Prinzip: der Gasentladungslampe. Im Gegensatz zu herkömmlichen Halogenglühlampen, bei denen das Licht von einer glühenden Wolframdrahtwendel abgestrahlt wird, senden bei der





Bild 3: Xenon-Lampe der neuesten Generation für Reflexionsscheinwerfer (Mercedes-Benz E-Klasse) mit präzise platzierten Lackabdeckungen. Foto: Mercedes-Benz.

Gasentladungslampe (Abbildung 3) glühende Metalldämpfe Licht aus, das eine in Abhängigkeit von der Wellenlänge unterschiedlich starke Strahlungsleistung aufweist. Die höchste Strahlungsleistung wird dabei im Bereich zwischen 450 und 550 nm erreicht.

Die Lampen benötigen zunächst einen definierten Hochspannungsimpuls, der einen Zündfunken im Lampenkolben erzeugt und dabei das Xenon-Füllgas ionisiert. Wie beim Blitzschlag entsteht dadurch ein elektrisch leitender „Schlauch“ des ionisierten Gases, durch den weiter elektrischer Strom fließt und der die Metallsalze im Lampenkolben verdampft. Direkt nach der Zündung hat die Lampe ca. 1/3 ihres Lichtstromendwertes. Dieser wird nach einer Anlaufphase von ca. 3 s erreicht. Einige Sekunden später sind alle Metallsalze verdampft, und das Licht hat seine endgültige bläulich wirkende Farbe, die der des Tageslichts sehr ähnlich ist (das bläuliche Licht ist eine optische Täuschung des Auges, da alle

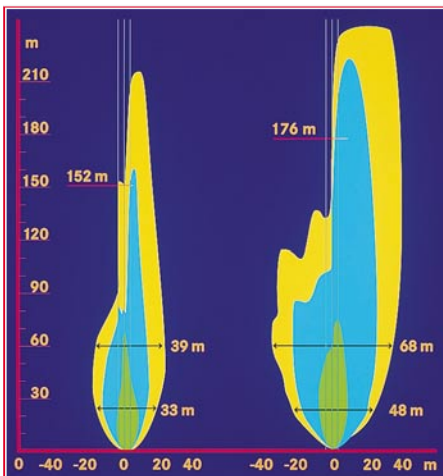


Bild 4: Hier wird die verbesserte Ausleuchtung durch Xenon-Licht deutlich: rechts im Bild die Lichtverteilung vor dem Fahrzeug mit Xenon-Licht, links mit herkömmlichem Halogenlicht. Grafik: Mercedes-Benz.

anderen Lichtquellen starke Gelbanteile aufweisen).

Da der Lichtbogen nicht eng begrenzt ist, sind zur Erzielung eines Richteffekts des Lichts die optischen Elemente speziell auszulegen.

Nicht nur das Funktionsprinzip, sondern auch Stromverbrauch, Reichweite und Lichtleistung bedeuten einen Quantensprung in der Beleuchtungstechnik. Denn die Xenon-Lampen liefern einen 2,5fachen Lichtstrom gegenüber Halogenlicht. Auch der Verbrauch wird deutlich gesenkt, hier betragen die Einsparungen bis zu 50% gegenüber der Halogenlampe. Dazu kommt die wesentlich höhere Lebensdauer, die von den Herstellern genauso hoch angesetzt wird wie die des Gesamtfahrzeugs.

Entscheidendes Merkmal jedoch ist die erhöhte Reichweite und die verbesserte Ausleuchtung, wie in Abbildung 4 zu sehen.

Natürlich müssen sich hier die Lampenhersteller von vornherein an die Vorgaben auch der Fahrzeugdesigner halten. Dies drückt sich in den zwei wesentlichen Versionen der Gasentladungslampen aus: während die R-Version für Scheinwerfer (z. B. E-Klasse Mercedes-Benz, Abbildung 5) steht, die nach dem Reflexionsprinzip, also grob gesagt, mit dem herkömmlichen „Hohlspiegel“ arbeiten, zeigt die S-Version (Abbildung 6), die schon einige Zeit im Einsatz ist, sich als prädestiniert für die DE-Technik, also die Projektionsscheinwerfer à la BMW und Audi.

Die S-Version ist einfacher lichttechnisch beherrschbar, da die Lichtreflexe des Lampenkolbens ja ausschließlich durch das Projektionssystem gerichtet und abgestrahlt werden. Bei der R-Version sind eine Reihe von exakt positionierten Abdeckungen des Lampenkolbens (siehe Abbildung 3) nötig, um ungewollte Abstrahlungen über



Bild 5: Die Bestandteile des Xenon-Scheinwerfers der Mercedes-Benz E-Klasse. Man erkennt deutlich die erstmalig auswechselbare und nahezu völlig glatte Scheinwerferabschlußscheibe aus Kunststoff. Foto: Mercedes-Benz.

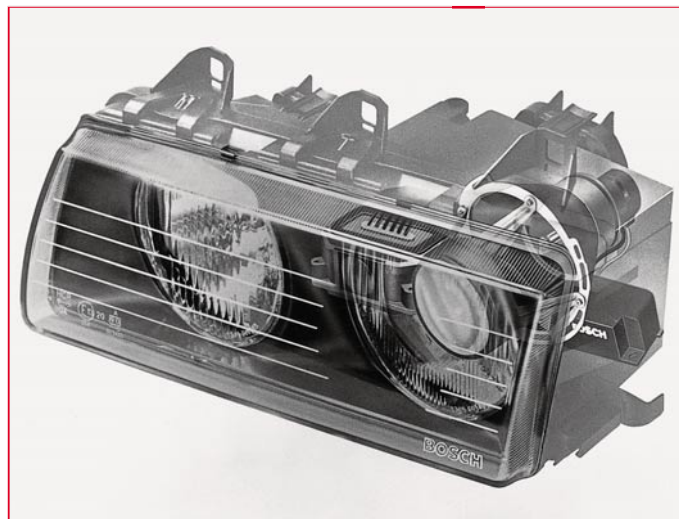


Bild 6: Die Röntgengrafik zeigt sehr gut den inneren Aufbau des DE-Scheinwerfers mit Xenon-Lampe der Bauart S. Foto: Bosch.

den großen Reflektor des Scheinwerfers zu vermeiden.

Die R-Generation weist darüber hinaus konstruktionsbedingt eine verringerte UV-Abstrahlung auf, die es den Leuchtenherstellern erlaubt, neuerdings auch auf Kunststoffe statt Glas für die Streuscheiben zurückzugreifen. Vorteile sieht man hier vor allem in der Gewichtsersparnis, der verbesserten Optik der Scheinwerfer, der erstmalig möglichen Austauschbarkeit der Streuscheibe sowie der verbesserten Einpaßbarkeit in die Karosserie.

Licht aus 28 kV

Die Xenon-Lampen erfordern eine relativ aufwendige Ansteuerlektronik, um das

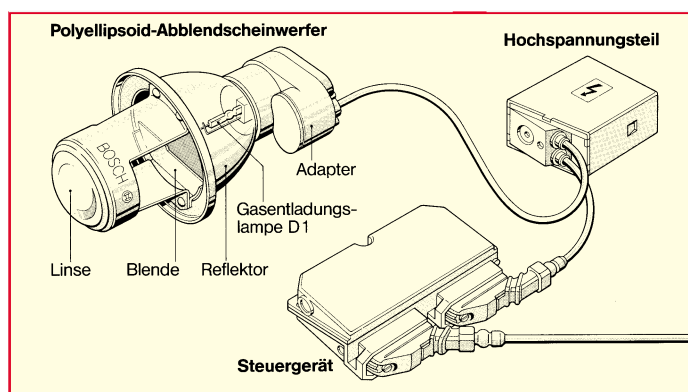


Bild 7: Das Komplettsystem Xenon-Scheinwerfer. Hier sind Hochspannungsteil und Scheinwerfer noch getrennt ausgeführt. Grafik: Bosch.

Gas definiert zu entzünden (Abbildung 7). Direkt an der Lampe befindet sich das Hochspannungsgeschaltete, das zur Zündung der Lampe kurzzeitig bis 28.000 V erzeugt. Es verfügt zur Sicherheit über keine Kabelverbindungen zur Lampe, sondern ist direkt mit dem Lampensockel verbunden. Seine Ansteuerung erfolgt mit dem eigentlichen Steuergerät, das für die Verbindung zum Bordnetz, die Steuerung des Hochspannungsgeschalteten (Lampenanlaufregelung, Lampenleistung) und eine Sicherheitsabschaltung des Gesamtsystems bei einem definierten Fehlerstrom bzw. Kurzschluß oder fehlender Lampe sorgt.

Letzteres ist notwendig, um bei Unfällen, Reparaturarbeiten etc. entsprechende elektrische Schläge zu vermeiden, die bei diesen Spannungshöhen schon lebensgefährlich sind.

Die Dauerversorgung der Xenon-Lampen erfolgt mit einer Spannung von 85 V bei einer Leistungsaufnahme der Lampen von ca. 35 W.

Dazu kommen, heute Standard, entsprechende Schaltungsmaßnahmen zur optimalen elektromagnetischen Verträglichkeit.

Daß die mehr als verdoppelte Lichtleistung der Xenon-Scheinwerfer zu besonderen Maßnahmen der Vermeidung von

Blendungen des Gegenverkehrs führen muß, ist eine logische Folge dieser Entwicklung, die der Gesetzgeber den Herstellern auch sofort ins Pflichtenheft schrieb. So sind automatische Leuchtweitenregelungen, die den Beladungszustand des Fahrzeugs registrieren und automatisch die Stellung der Scheinwerfer anpassen, seit Einführung des Xenon-Lichts Pflicht.

Flink und sauber

Hella ging hier noch einen Schritt weiter und entwickelte eine dynamische Leuchtweitenregelung, die innerhalb von Sekundenbruchteilen nicht nur auf Belastungsänderungen des Fahrzeugs anspricht, sondern

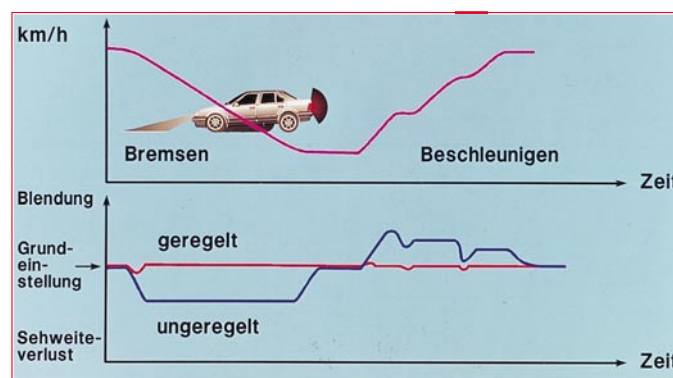


Bild 8: Die dynamische Leuchtweitenregelung gleicht blitzschnell Fahrzeugneigungen im Fahrbetrieb aus, so daß Blendungen bzw. Sichtfeld-einschränkungen weitgehend vermieden werden. Graf: Hella

den auch auf die Nickschwingungen beim Bremsen und Beschleunigen des Fahrzeugs reagiert (Abbildung 8). Damit wird einer Verringerung der Sichtweite bzw. einer Blendung des Gegenverkehrs entgegengewirkt.

Das System besteht aus magnetoresistiven Achssensoren, einer Mikroprozessorsteuerung und schnellen, kräftigen Servomotoren innerhalb des Scheinwerfers. Die Sensoren registrieren jede Lageveränderung der Fahrzeugkarosserie; entsprechend werden die Scheinwerfer verstellt. Eine detaillierte Beschreibung der Funktion dieser Sensoren kann man im „ELVjournal“ 2/96 nachlesen.

Zur Funktion der Xenon-Scheinwerfer gehören prinzipbedingt noch einige Randkonstruktionen erwähnt. Noch heute reagieren viele Verkehrsteilnehmer subjektiv irritiert ob der hell bläulich und punktförmig strahlenden Scheinwerfer der damit ausgerüsteten Fahrzeuge. Um dieser Irritation zu begegnen, hat man bei der Konstruktion des Gesamtsystems Scheinwerfer zu konstruktiven Mitteln gegriffen, die diesen Effekt weitgehend begrenzen sollen.

Beim neuen 5er BMW etwa, der aufgrund der kleinen Scheinwerfer nach wie vor mit DE-Scheinwerfern bestückt ist, wird rings um die Projektionslinse ein größerer Bereich ausgeleuchtet, um das Erscheinungsbild homogener und nicht ganz so grell erscheinen zu lassen. Ähnliche Maßnahmen hat man auch bei Audi und der Mercedes-Benz E-Klasse (der ja als erster mit Xenon-Reflexionsscheinwerfern ausgerüstet ist) ergriffen, hier leuchten die gesamten Reflektoren gleichmäßig. Damit gelang es, das Xenon-Erscheinungsbild für entgegenkommende Verkehrsteilnehmer angenehmer zu machen.

Bei der für den Xenon-Fahrer gewohnt hohen Leuchtdichte der Scheinwerfer ist eine Verschmutzung der Scheinwerfer noch weit dramatischer als bei herkömmlichen Scheinwerfern, da das stärker gerichtete Licht durch die Schmutz-Abdeckung ungleich mehr gedämpft wird. Deshalb hat

der Gesetzgeber auch ab 1996 entsprechend leistungsfähige Scheinwerfer-Reinigungsanlagen vorgeschrieben, die nun auch fester Bestandteil des wirklich sehr komplexen High-Tech-Systems Fahrzeug-scheinwerfer werden.

Auch wohl deshalb, nicht nur aus Preisgründen (ein Xenon-Scheinwerfer kostet heute noch etwa 1.800 DM) verbietet sich die Nachrüstung herkömmlich ausgerüsteter Fahrzeuge.

Von weiteren, zum Teil noch nicht in der Praxis eingesetzten neuen Scheinwerfer-Versionen sowie Licht-Technologien mit LEDs usw. berichtet der zweite, abschließende Teil dieses Artikels. **ELV**