

## Turbo fürs Fernlicht

Laserlicht ist der letzte Schrei in der Fahrzeugbeleuchtung. Dank Laserdioden und geeigneten Leuchtstoffen lassen sich extrem hohe Beleuchtungsstärken erzielen.

\*) vgl. Physik Journal, Januar 2008, S. 48

Die Entwicklung von Automobilscheinwerfern war bislang ein eher stetes Geschäft, zumindest was die technischen Grundlagen der Leuchtquellen betrifft. Halogenleuchten sind bereits seit den Siebzigerjahren auf dem Markt, Xenonscheinwerfer seit Anfang der Neunziger. Dagegen sind Frontscheinwerfer mit Leuchtdioden in Europa noch keine zehn Jahre zugelassen und quasi nur in der Oberklasse zu finden. Da kommt es fast einer Revolution gleich, dass es nun mit dem Laserlicht bereits die nächste Lichttechnologie für das Auto gibt (Abb. 1). Sein Zweck: die Reichweite des Fernlichts zu verdoppeln (Abb. 2).

In puncto Design und Strahlungsquellen sind Autoscheinwerfer sehr unterschiedlich. Entsprechend verschieden fallen die Reflektoren und Linsen aus, die das erzeugte Licht in der gewünschten Verteilung auf die Fahrbahn lenken. Eine Möglichkeit ist ein Freiformreflektor, der zur Straße hin von einer Streuscheibe abgeschlossen wird. Eine Alternative ist ein elliptischer Reflektor mit einer Blende und Linse.<sup>\*)</sup>

Das Laserlicht bildet eine eigene Baugruppe, die in den Scheinwer-



Abb. 1 Bislang bieten zwei Hersteller Laserlicht in Serienfahrzeugen an – BMW für seinen Hybrid-Sportwagen i8 und Audi für seinen Supersportwagen R8 LMX. Die hohe Leuchtdichte der Laser-

dioden ermöglicht besonders kleine Reflektoren, weil eine zehnmal geringere Apertur des Reflektors bereits ausreicht, um das Licht gerichtet auf die Straße zu werfen.

fer integriert ist und teils vorhandene Versorgungskomponenten mitnutzt (Abb. 3). Mehrere Laserdioden emittieren blaues Licht bei einer Wellenlänge von 450 Nanometer. Ihre Strahlung fällt über eine gemeinsame Sammellinse und einen gemeinsamen Kollimator auf einen Konverter, der wenige Zentimeter von den Laserdioden entfernt ist. Der so entstehende Leuchtfleck ist nur rund 0,1 Millimeter klein. Heutige Leuchtdioden in Frontscheinwerfern erzeugen einen Leuchtfleck, dessen Durchmesser um den Faktor zehn größer ist.

### Die Mischung macht's

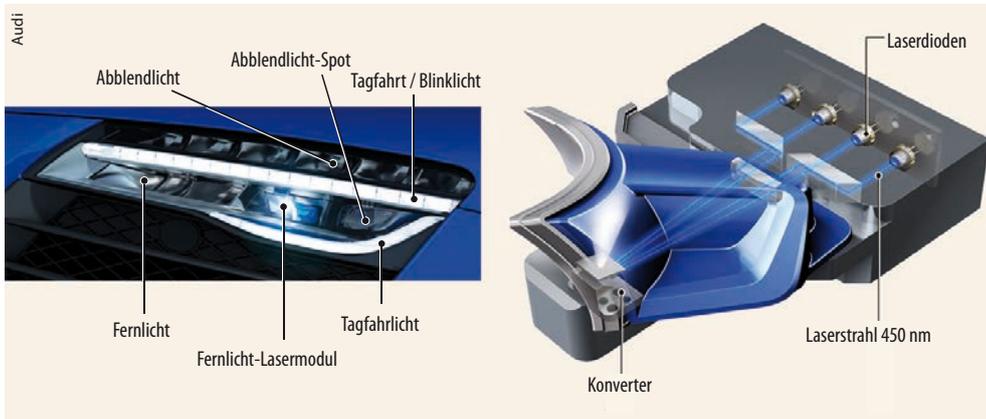
Der Konverter ist aus einer Keramik gefertigt und trägt einen Leuchtstoff, der primär aus gelbem Phosphor besteht. Durch die Laserstrahlung wird der Leuchtstoff zur Lumineszenz angeregt und emittiert breitbandig vorwiegend gelbes Licht. Zudem sind in den Konverter Partikel integriert, die blaues Licht streuen. Aufgrund der Mischung des resultierenden gelben und blauen Lichts emittiert der Konverter insgesamt Strahlung mit einer Farbtemperatur von 5500 bis 6000 Kelvin (je nach Ausführung) – dem Betrachter erscheint dieses Licht weiß, weil es der Farbtemperatur des Tageslichts an einem Sonnentag recht nahekommt. Das emittierte Licht des Konverters fällt dann auf einen Freiformreflektor, der für die gewünschte homogene Verteilung des Fernlichts auf der Straße sorgt.

Die für das Laserlicht verwendete Strahlungsquelle besitzt eine etwa zehnmal höhere Leuchtdichte als eine LED-Lichtquelle. Deshalb kann die Apertur des Freiformreflektors auf ein Zehntel des Wertes schrumpfen, der für ein LED-Licht erforderlich wäre. Bezogen auf den Reflektor bedeutet das in einem konkreten Anwendungsfall: Sein Durchmesser kann beim Laserlicht kleiner als 30 Millimeter sein, während ein Xenonlicht einen Durchmesser von etwa 70 Millimeter und ein Halogenlicht von etwa 120 Mil-



Abb. 2 Laserlicht sorgt für mehr Sicherheit bei der Fahrt auf dunklen Landstraßen und Autobahnen. Es ist ein zusätz-

liches Fernlicht, dessen Reichweite (rechts) doppelt so groß ist wie die des gewöhnlichen Fernlichts (links).



**Abb. 3** Das Laserlicht ist eine Baugruppe im Frontscheinwerfer, in dem ansonsten für Tagfahr-, Abblend- und Fernlicht LED-Technologie verwendet wird. Beim BMW i8 stecken im Lasermodul drei Laserdioden, beim Audi R8 LMX sind es vier.

limeter erfordern würde. Dank der hohen Leuchtdichte und der kompakten Bauform beansprucht das Laserlicht also relativ wenig Raum im Scheinwerfer.

Im Frontscheinwerfer ist die neue Strahlungsquelle immer mit einem LED-Licht kombiniert. Als Tagfahr- und Abblendlicht finden Leuchtdioden Verwendung, ebenso für das Fernlicht bei langsameren Fahrten oder bei häufigem Gegenverkehr. Das LED-Fernlicht leuchtet die Fahrbahn in ihrer gesamten Breite homogen aus, während sich das Laserlicht wie eine Art Spotstrahler extrem hoher Reichweite zuschaltet. Seine Verwendung ist einsamen Strecken vorbehalten, auf denen das Fahrzeug eine Geschwindigkeit von – modellabhängig – 60 bis 70 Kilometer pro Stunde erreicht. Ein- und Ausschalten übernimmt automatisch ein Fernlichtassistent, dessen Entscheidung beispielsweise auf den Daten von Frontkamera, Geschwindigkeitssensor und Umgebungslichtsensor beruht. Während das konventionelle

LED-Fernlicht eine Reichweite von 300 Meter hat, sorgt das Laserlicht für 600 Meter Sicht – fast das Maximum, was gemäß internationalen Vorschriften zulässig ist.

Durch die tageslichtähnliche Farbtemperatur des Laserlichts ermüdet der Fahrer weniger. Dieses Mehr an Sicherheit ist derzeit – neben dem Designvorteil durch die kompakte Bauform und dem Image-Gewinn durch eine neue Scheinwerfertechnologie – sicherlich der Hauptgrund für den Einsatz des Laserlichts. Doch es bietet auch Vorteile bei der Energieeffizienz. Zwar ist der Wirkungsgrad von Leuchtdioden auf der Ebene des Halbleiterbauteils noch etwas höher als der von Laserdioden. Betrachtet man aber den gesamten Frontscheinwerfer, kann sich dies drastisch ändern. Ein Fernlicht aus Xenonleuchten oder LEDs mit der spezifizierten Lichtverteilung und Beleuchtungsstärke des Laserlichts würde etwa 30 Prozent mehr elektrische Energie erfordern und deutlich größere Reflektoren, ohne aber

600 Meter Reichweite zu schaffen. Halogenscheinwerfer würden noch ungünstiger abschneiden.

Ist es also nur eine Frage der Zeit, bis die Automobilhersteller Scheinwerfer mit Vollaserlicht anbieten? Vorstellbar wäre das, wobei sich nach heutigem Stand Leuchtdioden besser zum Ausleuchten eignen, während Laser als Punktlichtquelle ideal für hohe Reichweiten sind. Für einen Einsatz des Laserlichts in allen Fahrzeugklassen müssten die Kosten zudem deutlich sinken. Selbst Xenon- und LED-Scheinwerfer sind bislang noch teurer als Halogenscheinwerfer und daher den teureren Modellen vorbehalten oder nur als Sonderausstattung zu bekommen, obwohl sie schon lange auf dem Markt sind.

**Michael Vogel**

\*

Ich danke Ralf Hying von der Osram GmbH, München, und Stefan Weber von der BMW AG, München, für hilfreiche Erläuterungen.