

Notwendigkeit der Modernisierung der ECE-Regelungen über Leuchten

Karsten Köth, TU Berlin – Lichttechnik, Einsteinufer 19 – E6, 10587 Berlin

Einleitung

Die Reduzierung der Unfallzahlen und die Sicherstellung der Verkehrssicherheit stellt die Motivation der ECE-Regelungen bezüglich Sicht und Signalisation dar. Jedoch tragen die Fahrzeugleuchten auch mit einem nicht unerheblichen Maße zu der äußeren Gestaltung des Fahrzeugs bei. Diese beiden Ansprüche an Kraftfahrzeugleuchten, Sicherheit und Gestaltung, schließen sich nicht zwangsläufig aus, führen jedoch oftmals zu Kompromisslösungen.

Bezüglich der Sicherheit sind gesetzliche Anforderungen zu befriedigen. Die Grundlagen des Designs sind, über den Gestalter interpretiert und umgesetzt, vom Zielmarkt abhängig, jedoch nicht in gleichem Maße zwingend, da nicht gesetzgeberisch vorgegeben. Auf dieses Ungleichgewicht sollte die Struktur einer modernen Gesetzgebung Rücksicht nehmen und dergestalt sein, dass die notwendige Sicherheit mit minimalen Vorgaben erreicht werden kann, um einen möglichst großzügigen Kompromissraum zur Verfügung zu stellen.

Zur Schaffung dieser Struktur sind die ECE-Regelungen fortlaufend anzupassen. Bei Durchsicht dieser ist jedoch festzustellen, dass längst nicht alle ihrer Teile auf heute noch akzeptierten wissenschaftlichen Grundlagen basieren. So sind einige Forderungen der ECE-Regelungen historisch bedingt, jedoch im heutigen Verkehr mit einer hohen Informationsflut und Verkehrsteilnehmern, die mit dieser Menge an Informationen gelernt haben umzugehen, nicht mehr zwingend notwendig, wie zum Beispiel die Begrenzung der Anzahl der Leuchten. Andererseits sind schon länger bekannte Erkenntnisse, wie die Relevanz der Leuchtdichte für die korrekte Wahrnehmung der Leuchten im Nahbereich, noch längst nicht konsequent in die ECE-Regelungen aufgenommen worden. Sogar elementar wichtige Forderungen bezüglich der Sicherheit, wie die Verkürzung der Reaktionszeiten bei Bremsvorgängen, erreichbar durch eine Forderung an die Ansprechzeiten der Leuchten, welche unter anderem durch den Einsatz von LEDs erfüllbar ist, werden nicht gestellt. Der derzeitige Stand der Regelungen spiegelt nicht den Stand der Erkenntnisse wieder. Etliche Sicherheitspotentiale werden verschenkt. Auf der anderen Seite werden an Leuchten Forderungen gestellt, deren Berechtigung nie bewiesen wurde und deren Berücksichtigung in den letzten Jahren der Industrie etliche Kosten verursacht hat. Eine Reduzierung und Entschlackung des Regelwerks ist daher längst überfällig, um volkswirtschaftlich verantwortlich zu arbeiten.

Der Zeitbedarf für die Anpassung der Regelungen ist jedoch enorm und nicht geeignet, kurzfristig auf aktuelle Probleme zu reagieren. Dies hat sich unter anderem bei der stark sicherheitskritischen Problematik des Phantomlichts gezeigt. Hier reagierten Fahrzeughersteller deutlich schneller durch eine Änderung der Leuchtenkonstruktion als der Gesetzgeber durch Regelungsänderungen. Für die kontinuierliche Sicherstellung der Verkehrssicherheit sind entweder die Beschlusswege drastisch zu ändern, was nicht besonders realistisch erscheint, oder die Regelungen vorausschauend zu gestalten, was bedeutet, dass zukünftige Anforderungen durch zielgerichtete Forschungsarbeiten erschlossen werden müssen. Die Vergangenheit zeigt, dass die Umsetzung des erarbeiteten Wissenstandes nicht gewährleistet ist. Das meiste Wissen bezüglich einer Erhöhung der Sicherheit bleibt ungenutzt – sowohl von den Herstellern als auch den Gesetzgebern. Daher müssen die Forschungsinstitute nicht nur neues Wissen bezüglich der Wahrnehmung erarbeiten, sondern gleichzeitig aufzeigen, wie dieses Wissen wirtschaftlich lukrativ umgesetzt werden kann. Dass diese wissenschaftliche Forschung mit

dem dafür notwendigen personellen und technischen Einsatz nicht kostenfrei erhältlich ist, erschließt sich allen Beteiligten. Oft jedoch wird nicht berücksichtigt, dass dadurch enorme Kosten vermieden werden und die anfallenden im Voraus eingeplant werden können.

Konkret sind folgende Schritte zur Modernisierung der ECE-Regelungen zu gehen:

- Festlegung einer Ansprechzeit aller Bremsleuchten auf maximal 3 ms vom Einschalten bis zum Erreichen der geforderten Mindestlichtstärke.
- Erarbeiten eines praxisgerechten Messvorgehens zur Bestimmung der menschlichen Wahrnehmung entsprechenden Leuchtdichte von inhomogenen Signalleuchten. Damit verknüpft ist sowohl das Erarbeiten eines Messvorgehens zur einfachen und schnellen Bestimmung der Größe der leuchtenden Fläche als auch die Untersuchung der wahrnehmungstechnisch notwendigen minimalen Größe dieser Fläche. Aufbauend auf diesen Untersuchungen können dann die derzeit komplexen Regeln bezüglich der leuchtenden Fläche durch eine einfache Messung ersetzt und Forderungen an Leuchtdichten eingeführt werden.

Grundlagen der Signalisation

Das Wort Signalisation stellt die Substantivierung des Verbs signalisieren dar. Es wird vornehmlich im offiziellen schweizerischen Sprachgebrauch benutzt. Da es jedoch trefflich beschreibt, wozu Signallichter benutzt werden, findet es auch Eingang in den allgemeinen deutschen Sprachgebrauch.

Verschiedene Signalbilder

Die Signalisation erfolgt durch die Leuchten des vorderen, seitlichen und hinteren Signalbildes.

Das vordere Signalbild dient der Erkennung der

- Anwesenheit eines Fahrzeuges
- Breite und damit des Abstandes zu dem Fahrzeug
- Richtungsänderung des Fahrzeuges
- Unterscheidung zwischen ein- und zweispurigen Fahrzeugen

Das seitliche Signalbild dient der Erkennung der

- Anwesenheit eines Fahrzeuges
- Länge und damit des Abstandes zu dem Fahrzeug
- Richtungsänderung des Fahrzeuges

Das hintere Signalbild dient der Erkennung der

- Anwesenheit eines Fahrzeuges
- Breite und damit des Abstandes zu dem Fahrzeug
- Richtungsänderung des Fahrzeuges
- Abbremsung des Fahrzeuges

Informationsübertragung

Die Signalisation von Fahrzeugzuständen sollte sowohl bei Tag als auch bei Nacht mit gleich hoher Qualität erfolgen. Eine funktionierende Signalisation durch Leuchten erfordert eine möglichst fehlerfreie Informationsübertragung zu anderen Verkehrsteilnehmern. Diese wird nicht nur durch die Übertragungswege, die durch Staub, Regen, Nebel oder Schnee gemindert sein können, sondern auch durch die Leistungsfähigkeit der Empfänger geprägt. Daher soll die Wahrnehmung von Lichtsignalen schnell

und fehlerfrei erfolgen. Dazu müssen die Signale mit angepasster Lichtstärke und Leuchtdichte abgestrahlt werden und eindeutig unterscheidbar sein.

Kodierung von Lichtsignalen

Die am Fahrzeug befindlichen Leuchten dienen der Informationsübertragung der Fahrzeugzustände, der Geschwindigkeitsänderungen sowie der geplanten und in Durchführung befindlichen Richtungsänderungen an andere Verkehrsteilnehmer. Vor allem sollen Fahrer der nachfolgenden Fahrzeuge über Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen des vorausfahrenden Fahrzeuges informiert werden. Laut einer Studie des Battelle-Institutes [BD71] ist dies besonders bei dichtem Straßenverkehr mit Kolonnenbildung wichtig, also im Nahbereich der Wahrnehmung des Fahrers.

Um deutlich zwischen den verschiedenen Lichtsignalen unterscheiden zu können sollten sich diese in möglichst vielen Kodierungen unterscheiden. Als Kodierungsarten stehen folgende zur Verfügung:

- Helligkeit
- Farbe
- Form
- Größe
- Position
- Anzahl
- Anordnung
- Frequenz
- Textur

In den ECE-Regelungen wird das meiste Gewicht auf die Helligkeit, angegeben als Lichtstärke, die Farbe und die Frequenz gelegt.

Begriffsdefinitionen

Die folgenden Definitionen sind entsprechend der ECE-Regelung Nummer 48 Revision 5 [ECE08] im englischen Originaltext zitiert.

“Light-signaling function” means the light emitted or reflected by a device to give to other road users visual information on the presence, identification and/or the change of movement of the vehicle

“Variable intensity control” means the device which automatically controls rear light signaling devices producing variable luminous intensities to assure the unvarying perception of their signals. The variable intensity control is part of the lamp, or part of the vehicle, or split between the said lamp and the vehicle.

“Illuminating surface of a light-signaling device other than a retro-reflector” ... means the orthogonal projection of the lamp in a plane perpendicular to its axis of reference and in contact with the exterior light-emitting surface of the lamp, this projection being bounded by the edges of screens situated in this plane, each allowing only 98 per cent of the total luminous intensity of the light to persist in the direction of the axis of reference. ... (4 Absätze, einige weitere Absätze auf die verwiesen wird und ein extra Anhang erklären die leuchtende Fläche.)

Wahrnehmung der Fahrzeugleuchten im Nah- und Fernbereich

Bei der Fragestellung der Wahrnehmung von Signalleuchten muss zwischen dem Nahbereich und Fernbereich unterschieden werden. Diese beiden Bereiche beschreiben die Wirkungsbereiche von Signalleuchten.

Befindet sich der Fahrer eines Kraftfahrzeuges in geringem Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug, so wird sein Lichteindruck durch die lichttechnische Größe Leuchtdichte bestimmt. In großem Abstand, in dem Fernbereich der Leuchte, ist jedoch die Lichtstärke maßgeblich. Dabei sind sich Experten einig, dass Lichtsignale entfernter als 100 m im Fernbereich und solche deutlich näher als 100 m im Nahbereich zu sehen sind. Jedoch besteht derzeit kein fester Wert für die Grenze zwischen Nah- und Fernbereich. Man ist sich lediglich einig, dass Signale unter 50 m im Nahbereich liegen.

Lichtstärke und Leuchtdichte in den ECE-Regelungen

Zur Zeit sind in den ECE-Regelungen einzig Anforderungen bezüglich minimaler und maximaler Lichtstärken für verschiedene Lichtsignale festgelegt. Dies bedeutet, dass der Fernbereich regulativ erfasst ist, so dass die Detektion eines Fahrzeuges aus großer Entfernung sichergestellt ist.

Armbruster [Arm01], Ripperger [Rip01a] [Rip01b] und andere Wissenschaftler haben etliche Untersuchungen über die Wahrnehmung von Lichtsignalen im Nahbereich durchgeführt. All diese Arbeiten zeigen, dass wir zusätzlich Werte für minimale und maximale Leuchtdichten in den ECE-Regelungen festlegen müssen. Gerade die Wahrnehmung der Signale im Nahbereich wird immer wichtiger, da der Verkehr immer dichter wird und sich die Mehrzahl der wahrnehmungstechnisch zu erfassenden Objekte aus dem Fernbereich in diesen Nahbereich verschieben.

In jüngster Vergangenheit gab es schon einige Probleme mit Leuchten, deren Lichtstärken nach ECE ausgelegt sind, jedoch die Leuchtdichten keine sinnvollen Werte aufweisen. Einige Leuchten blenden. Bei anderen Leuchten sind die Leuchtdichten der Schlussleuchten höher als die Leuchtdichten etlicher Bremsleuchten mit der Konsequenz, dass die Wirkung der Bremssignale deutlich beeinträchtigt wird.

In Zukunft, mit adaptiven Signallichtern, ist es unumgänglich, dass Leuchtdichtewerte für jede Signalfunktion festgelegt werden. Denn der adaptive Teil des Signallichts ist in der Lage, die Leuchtdichte unter allen Umgebungsbedingungen (Schmutz, Nebel, Regen, ...) konstant zu halten

Definition der leuchtenden Fläche

Wie bei der Definition der leuchtenden Fläche zu sehen, wird eine Menge textueller Beschreibung benötigt, um die leuchtende Fläche allein auf Rückgriff von Lichtstärkemesungen zu definieren. Daher benötigt man eine praktikable Methode, um der Wahrnehmung entsprechende Leuchtdichtewerte und Bereiche leuchtender Flächen zu beschreiben. Ein Vorschlag entsprechend den Arbeiten von Ripperger und von dem EURO-NCAP Bericht [MKK07] lautet:

- Leuchtdichte unter 1 cd/m^2 als "kein Licht"
- Leuchtdichte für Schlussleuchten zwischen 100 und 400 cd/m^2 .
- Leuchtdichte für Fahrtrichtungsanzeiger und Bremsleuchte bei Tag zwischen 11.000 und 44.000 cd/m^2 .
- Leuchtdichte für Fahrtrichtungsanzeiger und Bremsleuchte bei Nacht zwischen 1.000 and 4.000 cd/m^2 .
- Leuchtdichte für Fahrtrichtungsanzeiger und Bremsleuchte ohne Tag-Nacht Schaltung zwischen 3.500 and 14.000 cd/m^2 .

Wenn diese Definitionen festgelegt und in die ECE-Regelungen integriert werden, dann kann ein Schwellwert für die leuchtende Fläche festgelegt werden. Dieser Schwellwert sollte zwischen den Leuchtdichtewerten von „kein Licht“ und Schlussleuchte liegen.

Fahrzeuge sind üblicherweise mit Leuchten ausgerüstet, die inhomogen leuchtende Flächen aufweisen. Daher kann die Leuchtdichte einer Leuchte nicht anhand eines einzigen Messwertes angegeben werden, da dabei eine nicht akzeptable Mittelwertbildung erfolgt. Vielmehr sollte die Messung mit einer Leuchtdichtekamera durchgeführt werden. Anhand dieses Messgerätes kann die folgende Messmethode benutzt werden, um Größe, Form und Grenze der leuchtenden Fläche zu bestimmen [Koe09].

- Einschalten nur der jeweils zu messenden Lichtfunktion
- Messung der Leuchte mit einer Leuchtdichtekamera
- Alle Flächenelemente mit einer Leuchtdichte größer 10 cd/m^2 sind Teil der leuchtenden Fläche

Wenn diese Messmethode angewandt wird, können drastisch komplizierte Teile der ECE-Regelung reduziert werden, die sowohl die leuchtende Fläche als auch den Abstand zwischen den Flächen von Signalfunktionen betreffen. Auch auf die Beschränkung einer maximalen Anzahl von Leuchten kann verzichtet werden.

Anzahl der Leuchten

Die Anzahl der Leuchten ist mit der Form und der Definition der leuchtenden Fläche verknüpft. Ebenso hängt auch die Notwendigkeit der Typ „D“ Leuchten von dieser Definition ab. Die Grundlage dieser Verknüpfung liegt bei den folgenden Fragen begründet: Wo wird der Startpunkt gelegt, um die leuchtende Fläche entsprechend den ECE-Regelungen zu messen? Welche Teile der Leuchte und welche Leuchten bilden die entsprechende Signalfunktion? Wenn wir nicht nur die Leuchte, sondern das gesamte Fahrzeug mit einer Leuchtdichtekamera messen, dann kann die leuchtende Fläche einer Signalfunktion unabhängig der Anzahl der dafür notwendigen Leuchten definiert werden. Dieses Vorgehen beschreibt die Wahrnehmung einer Signalfunktion exakter als dies die derzeit in der Regelung benutzten Methoden leisten können, da keine wissenschaftliche Basis für die Limitierung der Anzahl der Leuchten zum Bilden einer Signalfunktion bekannt ist.

Ziel neuer Regelungen

Das Ziel für eine Erneuerung der ECE-Regelungen bezüglich der Signalleuchten besteht darin, die Verkehrssicherheit auf Basis aktueller wissenschaftlicher Kenntnisse zu erhöhen und die Kosten für das Entwickeln ECE-konformer Produkte zu senken. Mit der Einführung der Leuchtdichte wird die Sicherheit und der Komfort im Nahbereich erhöht. Mit dem Verzicht auf die Festlegung einer maximalen Anzahl der Leuchten pro Signalfunktion und einer einfachen Definition des Begriffs leuchtende Fläche werden im Entwicklungsprozess für Signalleuchten die Kosten deutlich reduziert.

Literatur

- [Arm01] Daniel Armbruster. *Optimierung der visuellen Informationsübermittlung durch adaptive Kraftfahrzeugsignalleuchten*. Herbert Utz Verlag GmbH, München, 2001, ISBN 3-8316-0016-3.
- [BD71] Johannes Bol und Hans-Joachim Decker. *Verbesserung der Heckbeleuchtung von Kraftfahrzeugen*. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1971, ISBN 3-18-12-0216-9.
- [ECE08] United Nations Economic Commission for Europe. *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices*. ECE Regulation No. 48 Revision 5. 22 May 2008

- [Koe09] Karsten Köth. *Auslegung der Kraftfahrzeugbeleuchtung hinsichtlich Sicht und Signalisation*. Dissertation. Universität Karlsruhe (TH) – Lichttechnisches Institut, 2009
- [MKK07] Karl Manz, Dieter Kooß, Karsten Klinger und Sven Schellinger. *Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der Fahrzeugbeleuchtung im Hinblick auf ein NCAP für aktive Fahrzeugsicherheit*. F65, BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen, 2007.
- [Rip01a] Joachim Ripperger. *Lichttechnische Anforderungen an Schluß- und Bremsleuchten für Kraftfahrzeuge*. Herbert Utz Verlag GmbH, 2001, ISBN 3-89675-818-7.
- [Rip01b] Joachim Ripperger. *Luminance: the Future Photometric for Rear- and Brake-lights*. PAL - Progress in Automobile Lighting. Herbert Utz Verlag GmbH, Darmstadt, 2001, ISBN 3-89675-971-X.