

Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der Fahrzeugbeleuchtung im Hinblick auf ein NCAP für aktive Sicherheit

*Karsten Klinger
Karl Manz
Dieter Kooß
Uli Lemmer*

*Engesserstrasse 13, Geb. 30.34
76131 Karlsruhe
Email: klinger@lti.uni-karlsruhe.de*

*Telefon: 0721-608-7708
Telefax: 0721-661-901
www.lti.uni-karlsruhe.de*

Einleitung

Mobilität ist ein Schlüsselfaktor in der immer größer werdenden Europäischen Union. Man schätzt, dass ca. 80% der Passagier-Kilometer mit dem Kraftfahrzeug zurückgelegt werden. Daher liegt ein besonderes Augenmerk auf der Sicherheit des stetig wachsenden Straßenverkehrs.

Zweifelloos ergibt sich zum Beispiel durch die Einführung von elektronischem Stabilitäts-Programm (ESP) oder Antiblockiersystem (ABS) ein volkswirtschaftlicher Nutzen auf Grund verringerter Unfallzahlen. Diese Systeme helfen mit, das gesetzte Ziel der Europäischen Union umzusetzen, die Unfallopferzahlen bis 2010 zu halbieren [EU01]. Häufig werden diese neuen Sicherheitssysteme von den Fahrzeugherstellern zunächst nur gegen Aufpreis angeboten. Um dennoch eine Wirkung zu erzielen, bedarf es der Bereitschaft der Verbraucher, diesen Mehrpreis auch zu bezahlen. Hierzu müssen die Mitgliedsstaaten der EU, die Automobilclubs, der Gesetzgeber, Verbraucherschutzorganisationen, die Versicherer und besonders die Automobilhersteller das Bewusstsein für den Sinn solcher Systeme beim Verbraucher stärken.

Vor dem Hintergrund der zahlreichen und in ihrer durchschnittlichen Schwere weitaus schlimmeren Nachtunfälle und der starken Risikoüberhöhung¹, nachts in einen Unfall verwickelt zu werden, werden zur Zeit große Anstrengungen unternommen, das Fahren bei Nacht sicherer zu gestalten (Infrarot-Nachtsichtsysteme, Radar, etc.). Diese Systeme werden aber zweifellos zunächst nur in den Luxusklassen angeboten werden, da ihr Aufpreis in kleineren Fahrzeugklassen derzeit einen wesentlichen Kostenfaktor beim Fahrzeugkauf ergeben würde.

Sicherheitsgewinn bei Sicht und Sichtbarkeit ohne Aufpreis scheint wirtschaftlich schwer möglich zu sein. Jedoch könnte durch die Sensibilisierung der Fahrzeugkäufer für den Sicherheitsgewinn, den eine gute Beleuchtung erbringt, und durch eine leicht verständliche Bewertung der verschiedenen Teile der Beleuchtung der Käufer motiviert werden, diese Sicherheitsausstattung gegen entsprechenden Aufpreis zu ordern.

Bei der Bewertung der Crash-Eigenschaften von Fahrzeugen hat diese Vorgehensweise über die letzten Jahre zu einem deutlichen Gewinn im Bereich der passiven Sicherheit geführt. Das New Car Assessment Program (NCAP) befasst sich mit der Bewertung von Neufahrzeugen. Dabei gehen die Bewertungskriterien über die vom Gesetz-

¹ Ausgehend von den Unfallzahlen bei Tag und Nacht und dem Verhältnis der Fahrleistung bei Tag zu der bei Nacht kann die Risikoüberhöhung von Nachtfahrten berechnet werden. So erhält Jebas [Jeb06] anhand der Zahlen von [Wei06] (40 % aller schweren Unfälle geschehen bei Nacht, jedoch nur 20 % der Gesamtfahrleistungen werden nachts erbracht) eine Risikoüberhöhung mit einem Faktor von 2,7 für Nachtfahrten.

geber geforderten Mindestvoraussetzungen hinaus und sollen dem Verbraucher als Hinweise für die Kaufentscheidung beim Neuwagenkauf dienen und dadurch die Sicherheit der gesamten Fahrzeugflotte erhöhen.

In gleichem Maße kann ein NCAP der Fahrzeugbeleuchtung eingreifen. Während der Kostendruck die Automobilhersteller und deren Zulieferer zwingt, immer preiswerter zu fertigen, erhält man mit dem NCAP der Fahrzeugbeleuchtung ein Werkzeug, mit dem eine gute Beleuchtung werbewirksam dem Verbraucher nahe gebracht werden kann. Damit wird es für die Automobilhersteller interessanter, eine gute Beleuchtung am Fahrzeug anzubieten.

Durch ein Bewertungssystem der Fahrzeugbeleuchtung und der damit verbundenen Präsenz des Themas in den Medien wird der Fahrzeugnutzer stärker mit dem Thema Beleuchtung konfrontiert. Er erkennt, dass qualitativ unterschiedlichste Beleuchtungslösungen verfügbar sind, die auch deutlich unterschiedlich aufwendig in ihrer Entwicklung sind, und er versteht, dass die verschiedenartigen Beleuchtungen für verschiedene Einsatzzwecke entwickelt worden sind. So benötigt zum Beispiel ein Kleinwagen, der vorwiegend im Stadtverkehr eingesetzt wird, für seinen Haupteinsatzzweck keinen Scheinwerfer mit hoher Leistung, sondern einen mit möglichst wenig Blendung.

Wenn die Beleuchtung stärker in den Fokus der Fahrzeugnutzer rückt, werden schlechte Beleuchtungssysteme vom Markt verdrängt werden. Das Niveau der Fahrzeugbeleuchtung wird steigen. Dadurch hat ein NCAP der Fahrzeugbeleuchtung das Potential, einen spürbaren Beitrag zur Verkehrssicherheit und somit zur Senkung der Unfallzahlen zu leisten.

Im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurden deshalb unterscheidbare Beleuchtungsmerkmale, welche direkt die Sicherheit des Fahrzeuglenkers berühren, erarbeitet und daraus ein Bewertungssystem für die Beleuchtung am Fahrzeug entwickelt. Im Rahmen des Projektes sind Bewertungskriterien erstellt worden, die die gesamte Lichttechnik eines Fahrzeuges beachten. Dies unterscheidet das vorgestellte Konzept von anderen Bewertungssystemen, die nur die Scheinwerfer beachten [Fla01, Fla03, Kem05, CIE07, Rum05, Tar05].

Obwohl drei Hauptgruppen der Fahrzeugbeleuchtung - Scheinwerfer, Leuchten und Innenbeleuchtung - untersucht werden, wird die Unterteilung des Bewertungsschemas nicht in drei, sondern in vier Abschnitte mit folgenden Oberbegriffen gegliedert:

Leistung - Sicherheit - Komfort - Verträglichkeit

Dabei bewertet die Leistung die Straßen- und Umfeldbeleuchtung. Sie dient dazu, zu sehen. Dieser Oberbegriff bewertet vor allem die eingebauten Scheinwerfer.

Die Sicherheit bewertet die Sichtbarkeit des Fahrzeugs und dessen Signalqualität. Sie dient dazu, zu sehen und gesehen zu werden. Die meisten Unterpunkte treffen Aussagen über Signalleuchten und Rückstrahler. Viele Punkte dieser Kategorie stehen für guten Schutz anderer Verkehrsteilnehmer und Selbstschutz durch die Erkennbarkeit von Fahrzeugen.

Zum Komfort zählen jene Punkte, die den Fahrer von Nebenaufgaben entlasten. So kann er sich besser auf den Verkehr konzentrieren. Fahrzeuge, die hierbei eine hohe Punktzahl erreichen, besitzen im Bereich Licht viele Assistenzsysteme und weisen einen hohen Bedienkomfort auf, sind leicht wartbar, handhabbar und damit komfortabel.

Die Verträglichkeit bewertet soziale, ökonomische und ökologische Aspekte. Sie dient dazu, dass andere Verkehrsteilnehmer und die Umwelt möglichst wenig durch das Fahrzeug beeinträchtigt werden. Dabei bewertet sie auch die Wirtschaftlichkeit der Lichanlage. Das Hauptaugenmerk bei diesem Oberbegriff richtet sich auf die Blendung

anderer Verkehrsteilnehmer. Eine große Punktzahl spricht für ein Fahrzeug mit defensiven, sozialen, umweltfreundlichen und sparsamen Eigenschaften.

Die einzelnen Bewertungskriterien sind auf wissenschaftlicher Basis entwickelt worden. Jedoch nicht jedes wissenschaftlich korrekte Kriterium ist, mit den derzeitigen Messmethoden und sonstigen Randbedingungen, praktikabel zu messen. Daher sind manche Bewertungsmethoden vereinfacht worden, um dem praktischen Anspruch des Bewertungssystems gerecht zu werden.

Das gezeigte System ist vollendet und kann zum Vergleichen verschiedener Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Beleuchtung eingesetzt werden. Aber das Wissen über die Fahrzeugbeleuchtung und deren Wirkung auf den Menschen wird weiter wachsen. Auch werden neue technische Systeme entwickelt und im Markt eingeführt werden. Daher muss das bestehende Wertungssystem weiter entwickelt werden und dem jeweils aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik angepasst werden. So können zum Beispiel in naher Zukunft Leuchtdichtewerte statt der derzeitigen Beleuchtungsstärkewerte zur Bewertung der Reichweite des Abblendlichtes benutzt werden.

Übersicht über das Bewertungssystem

Das gesamte Bewertungssystem ist in die vier Oberbegriffe Leistung, Sicherheit, Komfort und Verträglichkeit unterteilt.

Die Zuordnung der einzelnen Unterpunkte zu einem der vier Oberbegriffe ist nicht immer eindeutig. Teilweise werden Begriffe für die Unterpunkte verwendet, die sowohl dem einen, als auch dem anderen Oberbegriff zugeordnet werden könnten. So weist zum Beispiel der Punkt „Auswechselbarkeit von Lampen“ sowohl einen sicherheitskritischen Aspekt auf (eine defekte Lampe bedeutet kein Licht und daher auch kein Lichtsignal) als auch einen komfortablen Aspekt (einfach oder schwierig auszuwechseln). Jeder Unterpunkt darf aber nur einmal bewertet werden, so dass er letztlich auch nur einem Oberbegriff zugeordnet wird. In diesem Fall wählten wir als Oberbegriff Komfort.

Ein Fahrzeugteil kann bei mehr als einem Oberbegriff bewertet werden. So ist zum Beispiel die Bewertung des Abblendlichtes in mehr als einen Unterpunkt unterteilt. Die Reichweite des Abblendlichtes wird bei Leistung und die Blendung bei Verträglichkeit bewertet.

In den Abbildungen 1, 2, 3, und 4 sind die vier Oberbegriffe und ihre Unterpunkte mit der jeweiligen Bewertungsfunktion gezeigt. Die Berechnungen der einzelnen Bewertungskriterien für die jeweiligen Unterpunkte sind so normiert, dass sich bei jeder ein Wertebereich zwischen 0 und 1 ergibt. Jeder einzelne Bewertungspunkt hat eine unterschiedliche Gewichtung (in den Abbildungen in Klammern angegeben) in Abhängigkeit seiner Relevanz für den jeweiligen Oberbegriff und in Relation zu den anderen Unterpunkten dieses Oberbegriffs. Die vollständige Bewertungsprozedur für jeden einzelnen Bewertungspunkt ist im vollendeten BAST-NCAP Bericht veröffentlicht.

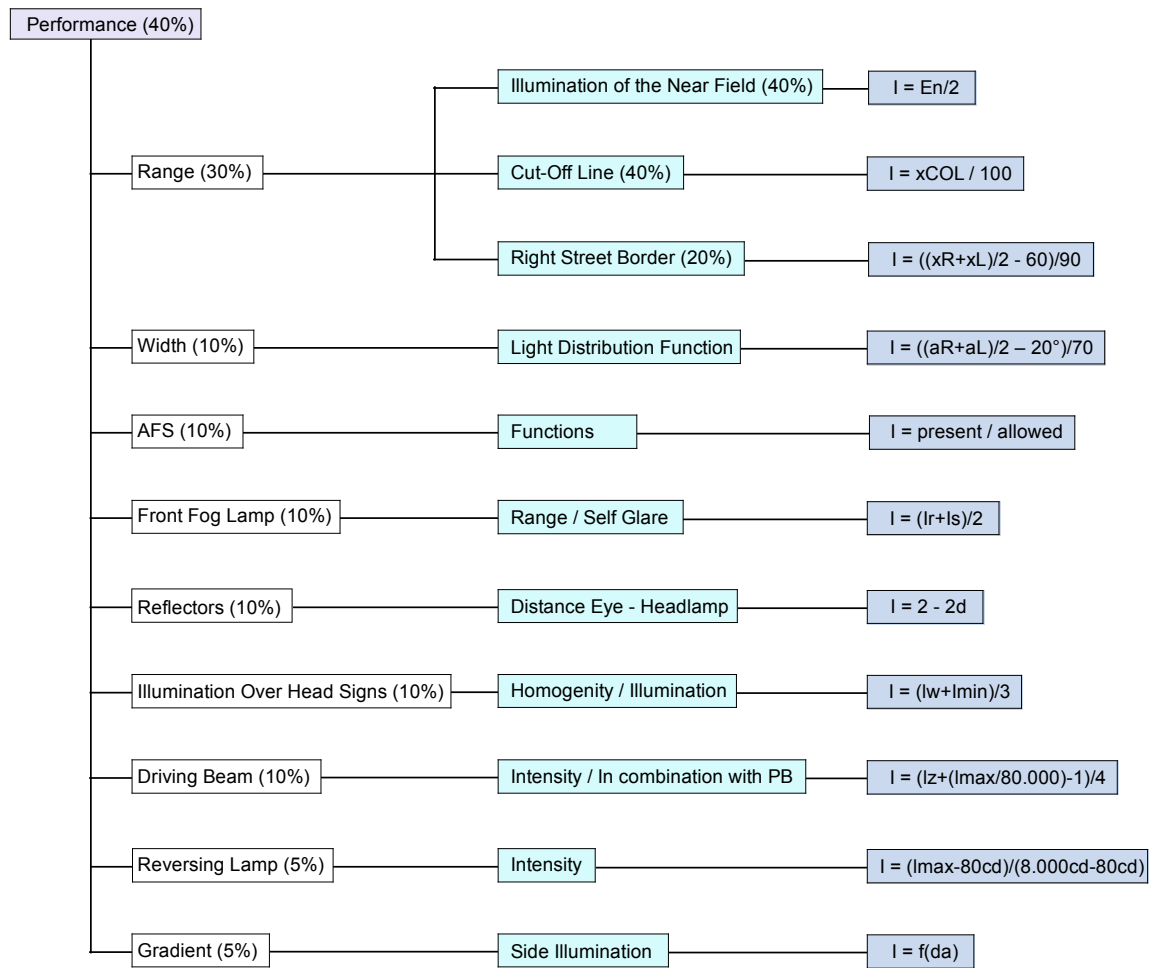


Abbildung 1: Leistung

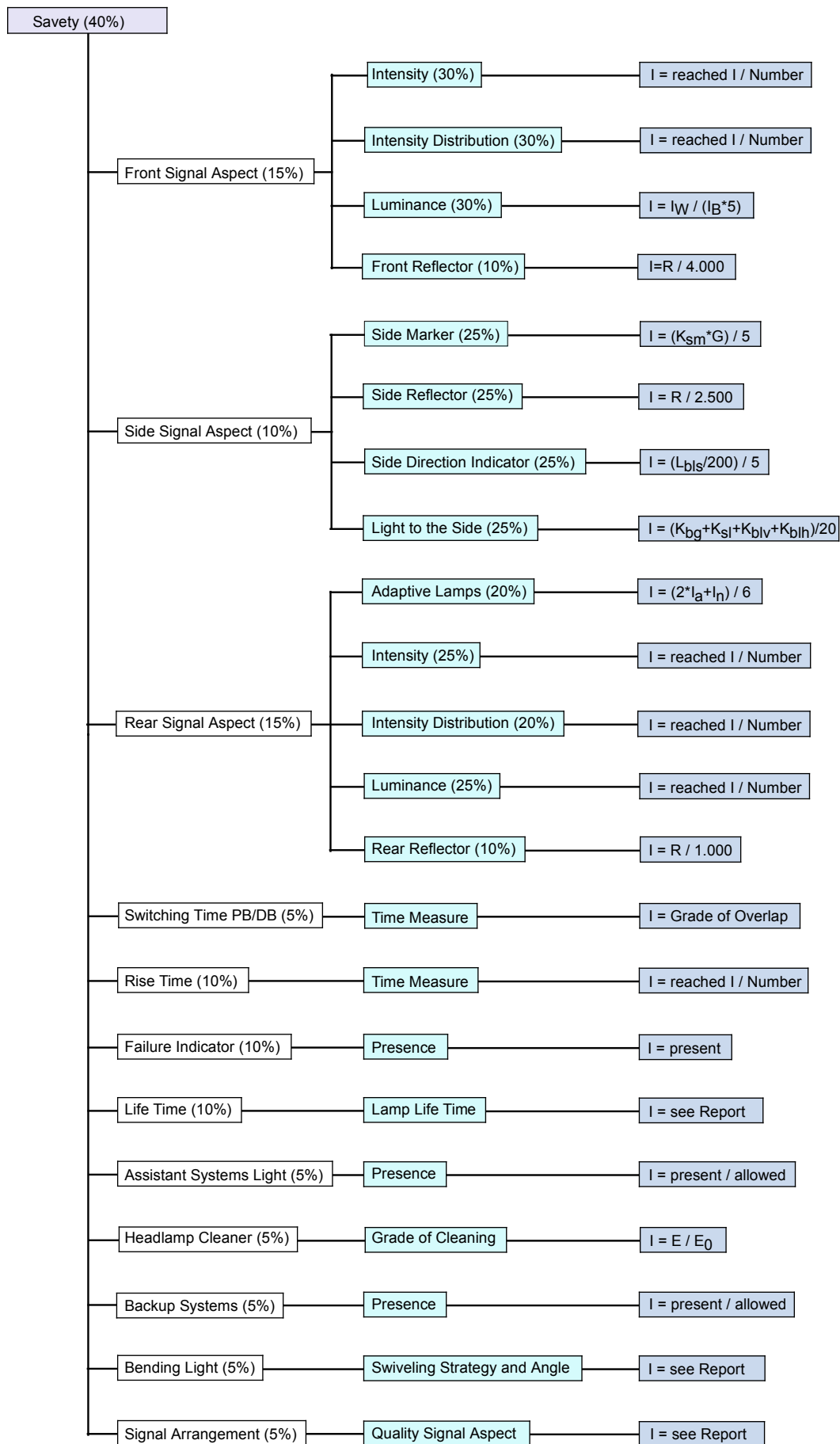


Abbildung 2: Sicherheit

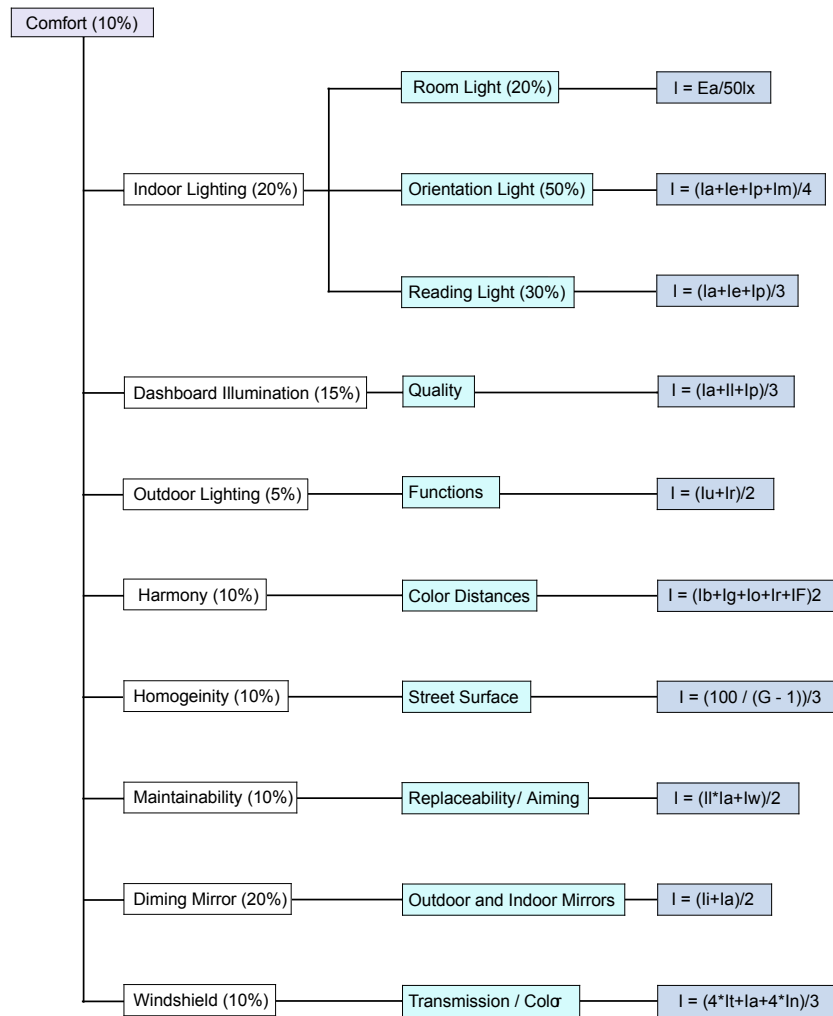


Abbildung 3: Komfort

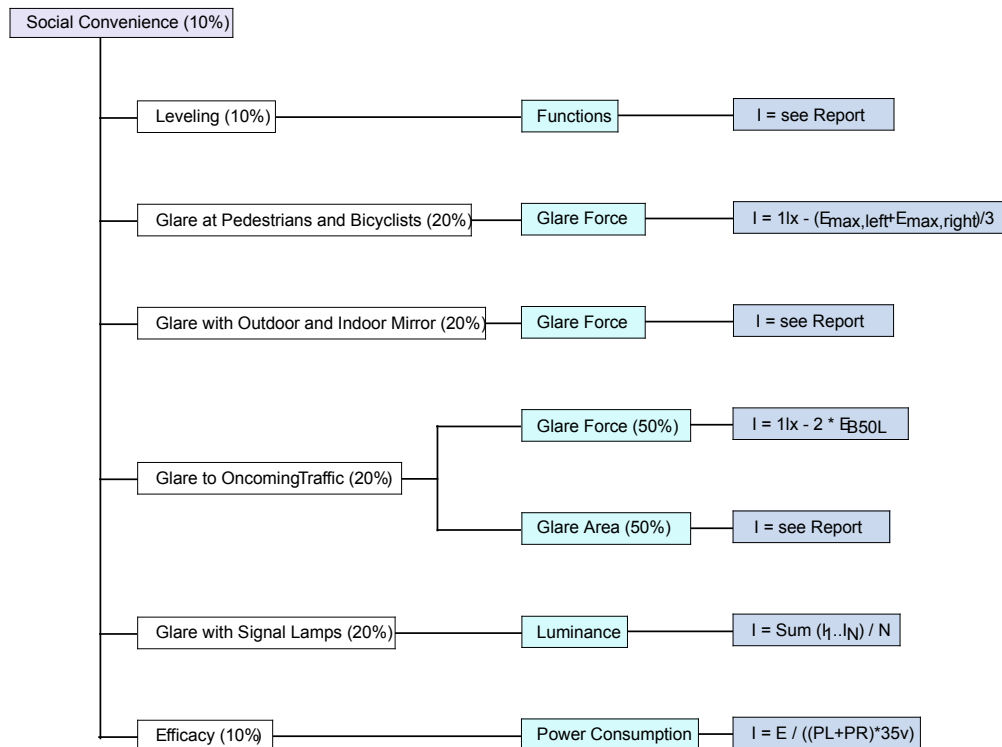


Abbildung 4: Verträglichkeit

Für die vier Oberbegriffe Leistung, Sicherheit, Komfort und Verträglichkeit existieren Gewichtungsfaktoren, welche die Relevanz des jeweiligen Begriffs für eine mögliche NCAP-Bewertung widerspiegeln. Die Gewichtungsfaktoren sind:

- 40% Leistung
- 40% Sicherheit
- 10% Komfort
- 10% Verträglichkeit

Die Kriterien unter Leistung und Sicherheit werden damit deutlich höher bewertet als unter Komfort und Verträglichkeit.

Motivation für die Entwicklung guter Scheinwerfer

Der Zweck eines Fahrzeugscheinwerfers ist die gute Ausleuchtung der Straße. Ohne entgegenkommenden Verkehr kann dies am Einfachsten mit leistungsstarken Fernlichtscheinwerfern erreicht werden. Bei entgegenkommendem Verkehr ist die Ausleuchtung der Straße jedoch nicht mehr die einzige Anforderung an die Scheinwerfer. Den Gegenverkehr nicht zu blenden ist nun ebenso wichtig. Deshalb sind die Leistung (unter anderem die Reichweite) und die Verträglichkeit (unter anderem die Blendung) von Scheinwerfern zu bewerten.

Bergström [Ber63] hat vor Jahren gezeigt, dass die Sichtweite erhöht wird, wenn sich Fahrzeuge begegnen und beide mit eingeschalteten Fernlichtscheinwerfern anstelle von Abblendlichtscheinwerfer unterwegs sind. Aus gesellschaftlichen Gründen ist es jedoch heute schwer möglich, andere als die althergebrachten Systeme im Verkehr einzuführen, die auch bei höherem Sicherheitsgewinn einen Abstrich in Komfort oder Verträglichkeit bedeuten. Daher kann nicht ständig mit eingeschaltetem Fernlicht gefahren werden. Um trotzdem die Sicht bei Nacht zu erhöhen, müssen die heutigen Scheinwerfer verbessert werden. Der beste Weg wird ein stufenloser Übergang von Fern- zu Abblendlicht sein. Dies kann mit Techniken geschehen, die derzeit schon in Entwicklung und Erprobung sind wie Pixellicht und Scheinwerfer mit einer adaptiven Hell-Dunkel Grenze [HE07].

Ein Beispiel: Bewertung unterschiedlicher Scheinwerfer

Bei der Festlegung der einzelnen Bewertungsprozeduren wurde darauf Wert gelegt, dass die Messergebnisse ermittelt werden können, ohne die Leuchten oder Scheinwerfer aus dem Fahrzeug ausbauen zu müssen. Es wird also am kompletten Fahrzeug gemessen. Dies erfordert größtenteils neue, bisher nicht allgemein anerkannte Messmethoden und Vorgehensweisen.

Um festzustellen, ob diese Messmethoden durchführbar und ob die in den Bewertungskriterien angesetzten Größen sinnvoll sind, wurde exemplarisch an einem Fahrzeug eine komplette Bewertung der Beleuchtung durchgeführt. Dabei hat sich herausgestellt, dass die für solch eine komplette Bewertung notwendigerweise benötigte Messzeit wesentlich von den vorhandenen Messgeräten abhängt. Sie beträgt zwischen fünf Stunden und zwei Tagen. Obwohl alle Messungen mit den üblichen Messgeräten, wie Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemesser durchgeführt werden können, lassen sich einige Messgrößen nur durch speziell angefertigtes Messequipment entsprechend schnell und einfach erschließen.

Zum Testen des entwickelten Bewertungssystems wurde nicht nur ein komplettes Fahrzeug bewertet, sondern auch etliche Scheinwerfer, Rückleuchten, Reflektoren und andere lichttechnische Einrichtungen untersucht. Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse von

acht verschiedenen Scheinwerfern, bewertet mit dem aktuellen System. Die Bewertungen der einzelnen Unterpunkte sind in Tabelle 1 aufgezeigt.

Deutlich zeigt sich dabei der Vorteil von Xenon-Projektionssystemen gegenüber Halogensystemen. Durch den höheren Lichtstrom der Lampen ist es wesentlich einfacher, eine gute Ausleuchtung der Straße zu erreichen. Bei den Halogensystemen fällt auf, dass der Scheinwerfer mit dem deutlich größten Reflektor auch die beste Bewertung erhält. Von Seiten der Optik kann dies damit begründet werden, dass er am meisten Licht der Lampe gerichtet abstrahlen kann.

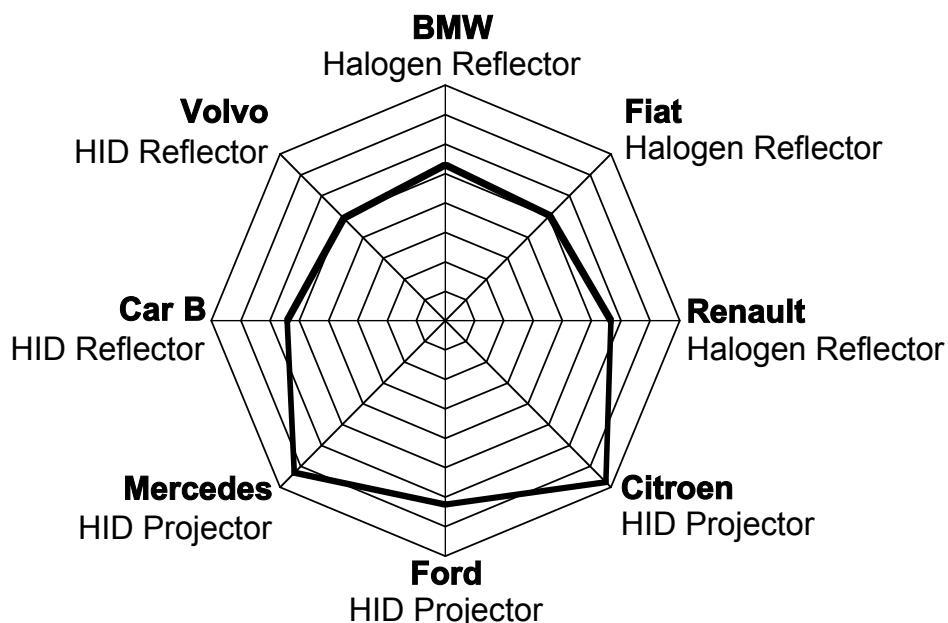


Abbildung 5: Ergebnisse der Summe aller Bewertungen bezüglich des Abblendlichtes

	BMW	Fiat	Renault	Citroen	Ford	Mercedes	Car B	Volvo
Near Field	2.21	1.63	1.68	4.30	3.17	3.50	2.28	2.47
Cut-Off Line	3.02	2.72	3.36	3.34	3.43	3.19	3.26	2.55
Right Border	0.19	0.45	0.52	0.95	0.79	0.84	1.01	0.21
Width	0.00	0.41	0.00	1.54	0.03	1.26	0.14	0.13
Over Head Signs	0.97	1.24	1.55	1.36	0.94	1.44	0.66	1.43
Homogeneity	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pedestrian Glare	1.18	0.61	1.21	1.04	1.14	1.37	0.46	0.03
Mirror Glare	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Summary	10.57	10.06	11.32	15.53	12.50	14.60	10.81	9.82

Tabelle 1: Ergebnisse aller Bewertungen bezüglich des Abblendlichtes

Zusammenfassung

Die Bewertung der lichttechnischen Einrichtungen eines Kraftfahrzeuges im Rahmen eines NCAP bietet einen Anreiz für sämtliche Automobilhersteller eine „gute“ Beleuchtung am Fahrzeug zu installieren. Dies dient letztlich der Verkehrssicherheit. Die Anfor-

derungen gehen dabei über die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestwerte hinaus und orientieren sich an nachvollziehbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Der Vorteil für den Verbraucher besteht darin, ein weiteres sicherheitsrelevantes Entscheidungskriterium für den Kauf eines bestimmten Kraftfahrzeugs zu erhalten, wie es heute schon die EuroNCAP-Crashtests bieten.

Die Fahrzeug- und Teilehersteller können anhand der Bewertung das Verbesserungspotential bestimmter Änderungen der Beleuchtung abschätzen und damit leichter eine Kosten-Nutzenanalyse durchführen.

Eine Bewertung der Beleuchtung dient den Herstellern und den Verbrauchern und wird dabei helfen, die Verkehrssicherheit zu erhöhen.

Ausblick

Zukünftige Erweiterungen des Bewertungssystems

Im Moment behandelt das Bewertungssystem die meisten statischen Beleuchtungssysteme von Fahrzeugen. Ein neuer Bewertungspunkt für Tagfahrlicht wird in naher Zukunft unter dem Oberbegriff Sicherheit eingefügt werden.

Weitere wichtige Erweiterungen der Bewertungen werden das Vorhandensein dynamische Systeme betreffen, wie Abbiegelicht, Kurvenlicht, dynamische Leuchtweitenregulierung, AFS und Brake Force Displays.

In weiter Zukunft wird nicht nur das Vorhandensein dynamischer Systeme bewertet werden, sondern die Qualität dieser Systeme und im Besonderen deren Softwarealgorithmen. Um dies leisten zu können sind jedoch komplexe Messmethoden oder fest definierte Schnittstellen zu entwickeln.

Zukünftige Entwicklungen auf dem Gebiet der Bewertungssysteme

In der Vergangenheit sind einige Anstrengungen unternommen worden, computerbasierte Bewertungssysteme wie PCDETECT und CHESS (erwähnt in [Hof02]) zu entwickeln. Softwareprogramme wie diese werden in Zukunft benötigt werden, um die Beleuchtungssysteme in einem frühen Stadium der Fahrzeugentwicklung bewerten zu können. Dazu müssen neue Softwarepakete oder die Erweiterung der bestehenden Programme an ein allgemein anerkanntes Bewertungssystem angepasst und in den Entwicklungsprozess nahezu aller Fahrzeughersteller integriert werden.

Literatur

- [Ber63] *Bergström, S.* Visible distances during night driving. Journal of Lighting Problems in Highway Traffic, 1963
- [CIE07] *Draper, Geoff; e.a.* CIE TC4-45 / GTB WGFL - Performance Assessment Method for Vehicle Headlamps. Working Group
- [EU01] White Paper - European Transport Policy for 2010 - time to decide. COM(2001) 370, ISBN 92-894-0341-1. 2001
- [Fla01] *Flannagan, Michael J.* Feasibility of developing a headlighting rating system. PAL - Proceedings of Progress in Automotive Lighting 2001, Darmstadt University of Technology

- [Fla03] *Flannagan, Michael J.; Flanigan, Christopher.* Development of a Headlighting Rating System.
PAL - Proceedings of Progress in Automotive Lighting 2003, Darmstadt University of Technology
- [HE07] Von Kameras gesteuerte Scheinwerfer revolutionieren die Lichttechnik
Lichttechnische Fahrerassistenzsysteme der nächsten Generation erkennen Fußgänger und Objekte
http://www.hella-press.de/search_detail.php?text_id=603. 22.03.2007
- [Hof02] *von Hoffmann, Alexander.* Lichttechnische Anforderungen an adaptive Kraftfahrzeugscheinwerfer für trockene und nasse Fahrbahnoberflächen.
TU Ilmenau, Dissertation. 2002
- [Jeb06] *Jebas, Christian.* Untersuchung des Einflusses der Vorfeld- und Seiten- ausleuchtung automobiler Scheinwerfer auf die Erkennbarkeitsentfernung von Sehobjekten.
Universität Karlsruhe (TH) Lichttechnisches Institut, Diplomarbeit. 2006
- [Kem05] *Kemeny, A.; e.a.* CLARESCO – Car & Truck Lighting Analysis: Ratings and Evaluations for Safety & Comfort Objectives.
ISAL - International Symposium on Automotive Lighting 2005, Darmstadt University of Technology
- [Rum05] *Rumar, Kare.* Headlight performance – consumer information.
ISAL - International Symposium on Automotive Lighting 2005, Darmstadt University of Technology
- [Tar05] *Targosinski, Tomasz.* Integral Method of Frontlighting Illumination Assessment.
ISAL - International Symposium on Automotive Lighting 2005, Darmstadt University of Technology
- [Wei06] *Weidenhammer, Peter.* Klare Sicht selbst im Gegenlicht.
VDI Nachrichten, S. 09, 04/2000