

Objektivierung subjektiver Bewertungskriterien von lichttechnischen Fahrzeugkomponenten

Dipl. Ing. Tim Gocke - BMW Group, Knorrstr. 147, 80788 München

1 Einleitung

Das äußere Erscheinungsbild eines Kraftfahrzeugs wird entscheidend von den lichttechnischen Komponenten beeinflusst. Zur Ausbildung von markentypischen Erkennungsmerkmalen spielen diese Komponenten eine bedeutende Rolle und müssen daher neben innovativem Design, Funktionalität und begrenztem Kostenrahmen auch eine sehr gute Qualität besitzen.

Abbildung 1 zeigt alle außen am Fahrzeug angebrachten Leuchten. Die Lichtfunktionen erfüllen dabei zwei verschiedene Aufgaben. Einerseits dienen sie zur Verbesserung der Sicht des Fahrers und andererseits zur Signalisierung von Fahrzeugzuständen [1]. Das Abblend-, Abbiege-, Fernlicht und die Nebelscheinwerfer sowie die Rückfahrscheinwerfer ermöglichen dem Fahrer, Objekte in der Dunkelheit zu erkennen. Alle weiteren Funktionen informieren die anderen Verkehrsteilnehmer über das Fahrverhalten und erhöhen die Erkennbarkeit des Fahrzeugs.

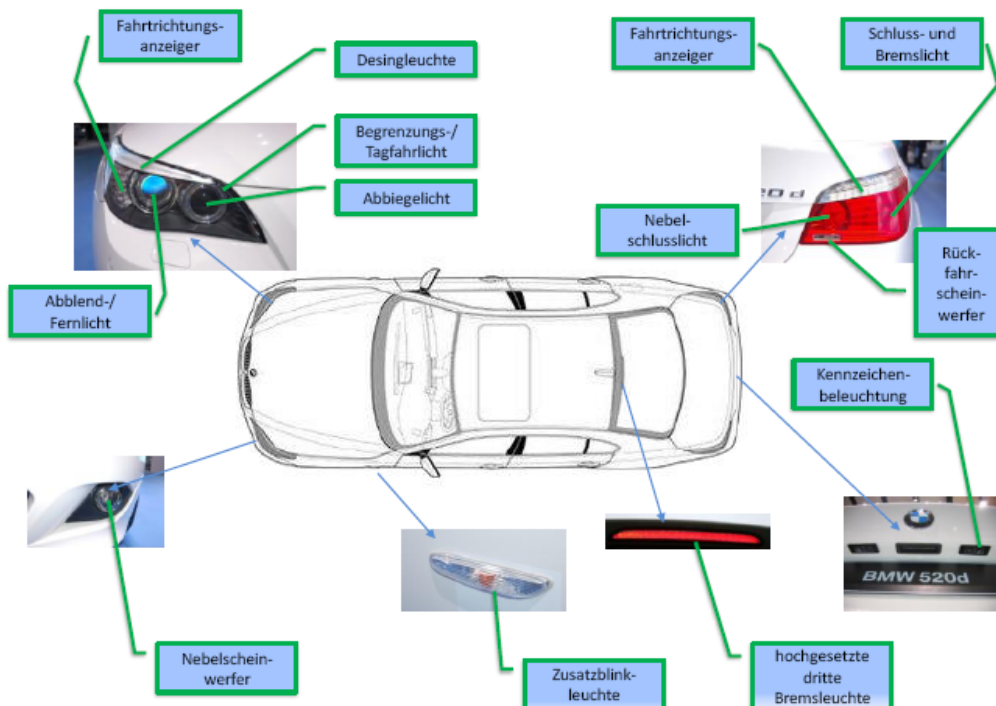


Abbildung 1: Lichttechnische Komponenten eines Fahrzeugs

Die Entwicklung der lichttechnischen Komponenten erfolgt nach dem V-Modell (siehe Abbildung 2) und unterteilt sich in die folgenden Phasen. In den Spezifikationsphasen (1-3) werden die Anforderungen (Gesetz, Design, Funktion) in einem Lastenheft, in der Systemarchitektur, in den Prüfvorschriften, BMW-Groupstandards und Leistungsschnittstellenvereinbarungen definiert.

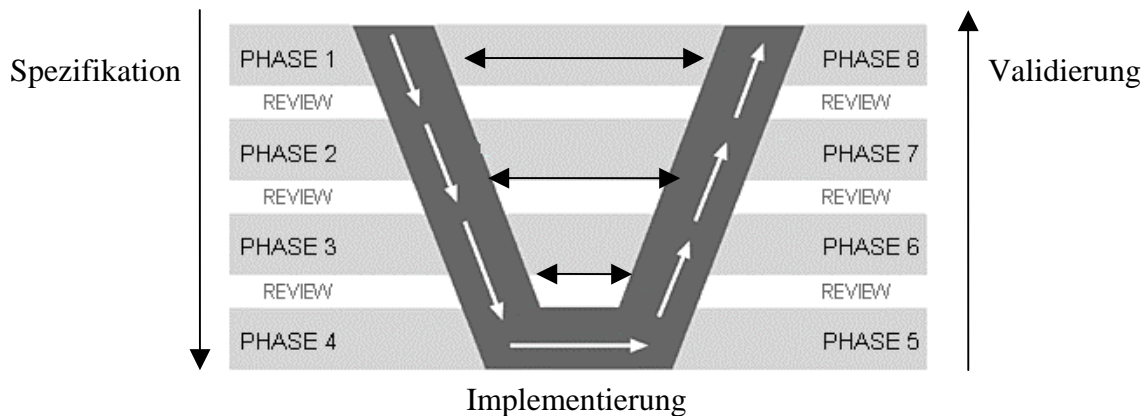


Abbildung 2: Entwicklung nach dem V-Modell

Innerhalb der Implementationsphasen (4-5) werden die Komponenten anhand der Vorgaben entwickelt. Eine einzelne Komponenten- und eine Systemüberprüfung erfolgt in den Validierungsphasen (6-8): Systemintegration, Systemtest und Feldtest. Zwischen den genannten Phasen können Änderungen, Verbesserungen und Anpassungen durchgeführt werden. Änderungen während der Validierungsphasen sind mit hohen Kosten verbunden, da die Anforderungen aus den Spezifikationsphasen erneut angepasst werden müssen. Die Validierung der Qualität von lichttechnischen Komponenten wird durch eine Fülle von visuellen Kriterien bestimmt und abgesichert. Die visuelle Wahrnehmung ist subjektiv und wird von einer Vielzahl von Randbedingungen beeinflusst.

Ein problematischer Aspekt des aktuellen Entwicklungsprozesses ist, dass individuelle, subjektive Qualitätsurteile in der Absicherungskommunikation mehrerer Prozesspartner zu Unstimmigkeiten führen. Derzeitige gesetzliche Messverfahren und -größen ermöglichen es nicht, eine Aussage über subjektive Bewertungskriterien bei lichttechnischen Komponenten treffen zu können.

Die Pyramide in Abbildung 3 zeigt zusammenfassend die Anforderungen an die Entwicklung von lichttechnischen Komponenten. Der untere Teil der Pyramide mit den Punkten CO₂, Sicherheit, Betriebsfestigkeit, Lebensdauer, Elektronik, Gesetze und Optik bildet das Fundament einer Entwicklung. An der Spitze dieser Entwicklung steht der Kundenwert, welcher stets hinterfragt werden muss. Der Einbezug des Kundenwerts in die Entwicklung durch die Objektivierung individueller Bewertungskriterien ermöglicht BMW den Premiumansprüchen der Kunden vollständig gerecht zu werden und die Produkte stets zu verbessern.

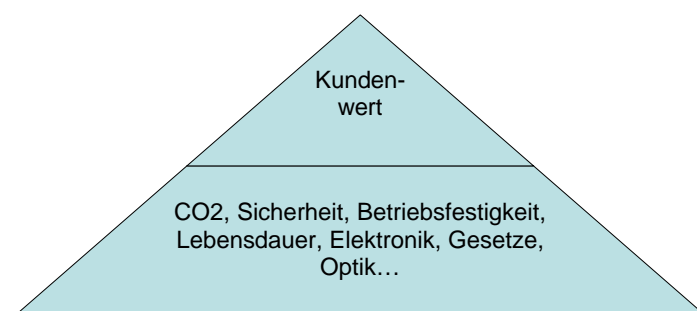
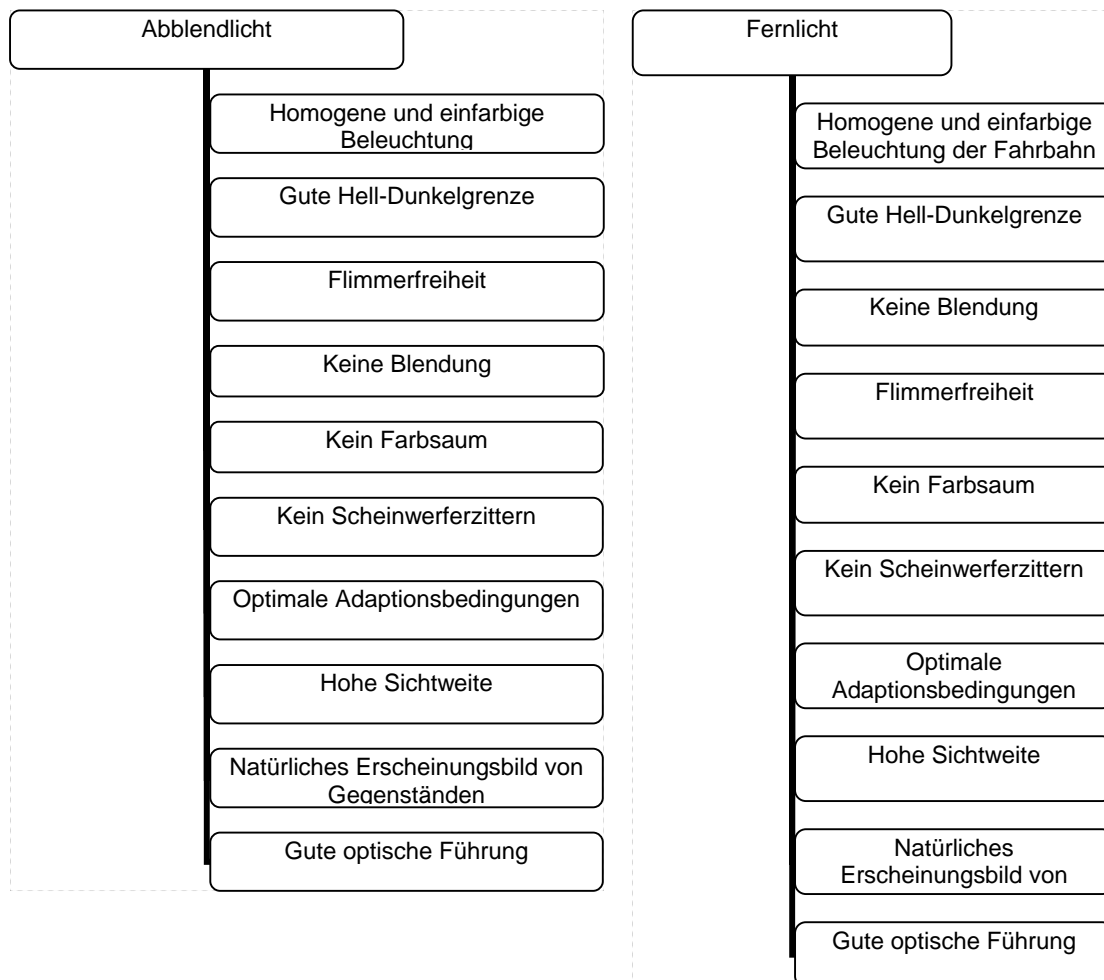


Abbildung 3: Anforderung an die Entwicklung lichttechnischer Komponenten

3 Übersicht von subjektiven Bewertungskriterien lichttechnischer Komponenten

Jede Lichtfunktion eines Kraftfahrzeugs erfordert verschiedene Bewertungskriterien, die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt sind. Eine Vielzahl der Kriterien findet mehrfach Verwendung, zum Beispiel räumlich homogene Helligkeit. Das Maß der Homogenität ist jedoch von Lichtfunktion zu Lichtfunktion unterschiedlich. Die Homogenität beim Abblendlicht besitzt eine andere Anforderung als die der Akzentleuchte, was durch die Ansprüche an die Lichtfunktion bedingt ist. Beim Abblendlicht beeinflusst die Homogenität der erzeugten Lichtverteilung auf der Fahrbahn das Sicherheitsempfinden, wohingegen eine homogen leuchtende Akzentleuchte ausschließlich ästhetischen Ansprüchen genügen muss [3].

Untersuchungen zur Bewertung der Homogenität im Zusammenhang mit dem Abblend- und Fernlicht wurden bereits von Kleinkes durchgeführt [3]. Diese lassen sich jedoch aufgrund von unterschiedlichen Geometrien nicht auf andere Lichtfunktionen übertragen. Für die Zukunft ist ein allgemeines Homogenitätskriterium wünschenswert. Auch bei vielen anderen subjektiven Bewertungskriterien sind bisher keine exakten Güteanforderungen aufgestellt worden, bei denen die individuelle menschliche visuelle Wahrnehmung mit eingebunden wurde. Im Nachfolgenden wird die Vorgehensweise einer Objektivierung subjektiver Bewertungskriterien erläutert.



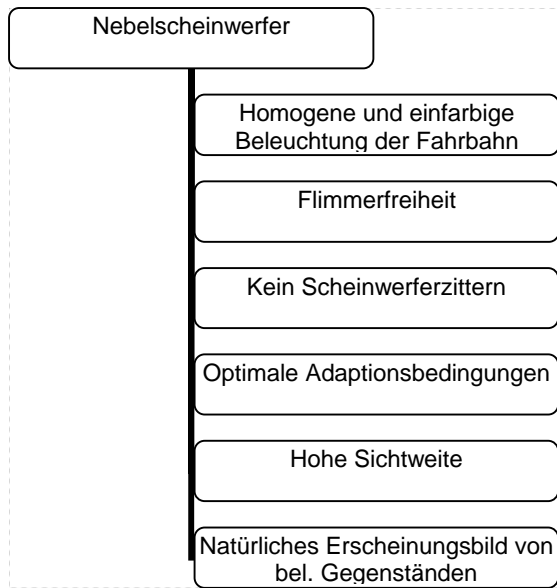


Abbildung 4: Subjektive Bewertungskriterien von Sichtfunktionen

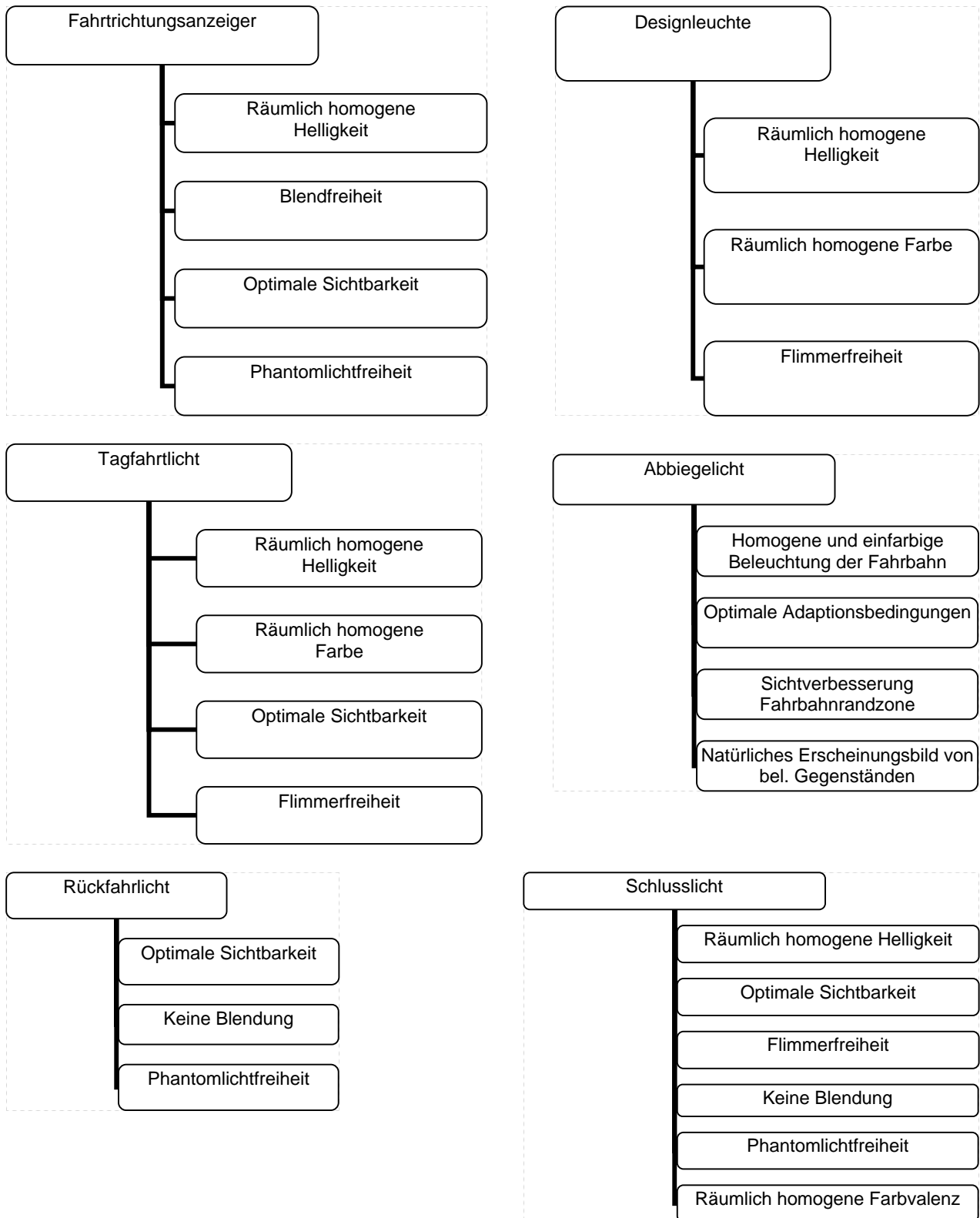


Abbildung 5: Subjektive Bewertungskriterien von Signalfunktionen

4 Konzept bei der Objektivierung subjektiver Bewertungskriterien

Für die Objektivierung werden zunächst die subjektiven Kriterien, die die Kundenwertigkeit negativ beeinflussen, in einer Übersicht zugefasst. So wird

ermittelt, ob die verschiedenen Bewertungskriterien universell zum Einsatz kommen. Zudem werden Hypothesen zu potenziellen Einflussgrößen aufgestellt, mit denen die Qualität der Lichtfunktion bestimmt wird. Im nachfolgenden Schritt müssen die Methode der Psychooptik und die der Statistik angewendet werden. Dazu müssen einer statistisch ausreichenden Anzahl an Probanden lichttechnische Testszenarien dargeboten werden. Die Probanden haben die Aufgabe, eine subjektive Bewertung von der Qualität eines Lichtszenarios abzugeben. Dabei werden bei den Tests systematisch Einflussparameter variiert. So können relevante und irrelevante Parameter, die sich auf die Bewertung der Qualität auswirken, gezielt ermittelt werden. Ebenso werden Gewichtungsfaktoren der Parameter bestimmt. Von den dargebotenen Testszenarien werden ortsauflösende photometrische Messungen durchgeführt. Durch die Verknüpfung der subjektiven Probandenbewertungen und den objektiven Messungen kann ein mathematisches Modell zur Bewertung der Qualität generiert werden, mit dem Aussagen zu zukünftigen Lichtfunktionen getroffen werden können und das als Maßstab für die Abstimmungskommunikation verschiedener Prozesspartner dient.

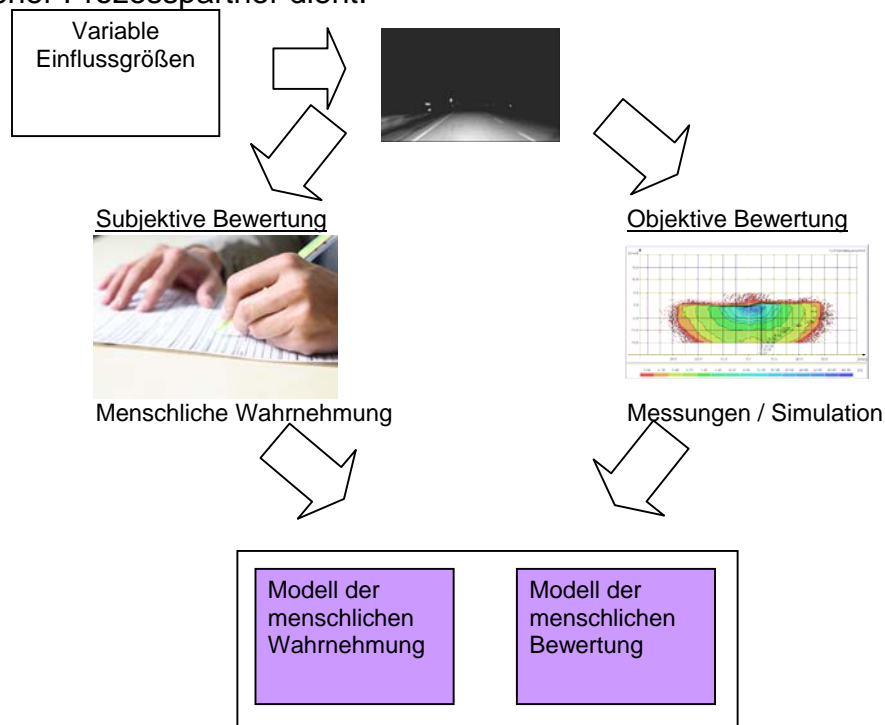


Abbildung 6: Methode der Objektivierung visueller subjektiver Bewertungskriterien

5 Objektivierung subjektiver Bewertungskriterien am Beispiel der Homogenität

Als Beispiel für eine subjektive Bewertungsgröße kann die Homogenität einer mit Lichtleitern und LEDs realisierten Lichtfunktion, wie z. B. dem Schlusslicht, herangezogen werden. Die technische Ausführung dieser Funktion kann derzeit alle gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Hierfür sind für den europäischen Raum in der ECE-Regelung (R48) die gesetzlichen Anforderungen definiert [2].

Ein Schlusslicht, welches ausschließlich die gesetzlichen Anforderung erfüllt, vermag den ästhetischen Ansprüchen nicht genügen, da das Erscheinungsbild eines

Lichtleiters durch starke Helligkeitsschwankungen inhomogen wirkt. Heutige Prüfvorschriften nutzen zur Absicherung konservative photometrische Größen (mittlere, minimale, maximale Leuchtdichte, prozentuale Abweichung von der mittleren Leuchtdichte) [4]. Die Homogenität von Lichtfunktionen wird durch diese Größen nur unzureichend bestimmt.

Das von Kleinkes für Abblendlichtverteilungen ermittelte Verfahren, welches auf der Summierung von Leuchtdichtegradienten einer stets gleichgroßen Messfläche basiert und mit einem subjektiven Empfinden verknüpft wurde, kann im Falle des Schlusslichts nicht angewendet werden [3]. Denn bei den Schlusslichtfunktionen werden gezielt helligkeitsschwankende Strukturen und unterschiedlichen Geometrie eingesetzt. So können unterschiedlich homogen wirkende Schlussleuchten dieselbe Gütekennzahl erhalten (siehe Tabelle 1). Hier wird z.B. mit der Gütekennzahl das homogen wirkende Schlusslicht des BMW X5ers schlechter bewertet als das des BMW 6ers.

Fahrzeug	Messent- fernung in [m]	mittlere Leucht- dichte in [cd/m²]	Max. Leuchtdichte in [cd/m²]	Min. Leucht dichte [cd/m²]	Summe des Log- Gradients
BMW 6er	1,5	798,48	51549,9	6,31	71,74
	4,5	353,9	1499,6	11,76	6,27
BMW X5	1,5	2009,44	4135,95	442,78	85,37
	4,5	2346,34	6344,37	958,88	2,17

Tabelle 1: Vergleich summierte logarithmische Leuchtdichte verschiedener Heckleuchten (Schnitt über einen Lichtleiter)

5.1 Einflussparameter auf die Bewertung der Homogenität

In Voruntersuchungen konnten mögliche Einflussgrößen, die sich auf die Bewertung der Homogenität eines Schlusslichts auswirken, ermittelt werden.

Diese sind folgende:

- Mittlere Leuchtdichte (Teilsegment; gesamt)
- Gradienten innerhalb der Leuchtdichteverteilungen
- Reflexionen der Umgebung / Kontrast
- Umfeldleuchtdichte (Tag mit/ohne Sonneneinstrahlung; Nacht)
- Geometrie (Größe; Anordnung; Oberfläche)
- Technischer Aufbau (Struktur)
- Anbauhöhe / Betrachtungsposition

6 Ausblick

In der näheren Zukunft sollen Probandenversuche zum Thema Homogenität von Schlussleuchten und Tagfahrlichtsystemen verschiedener Bauarten durchgeführt und die Gewichtung der Einflussgrößen auf die Homogenitätsbewertung nach der beschriebenen Methodik untersucht werden. Dazu werden die Parameter wie folgt variiert:

- Variation der Helligkeit einzelner und oder mehrere Lichtleiter
- Verminderung der Reflexionen durch Verdeckung von spiegelnden Flächen

- Variation der Betrachtungsposition durch Bewertung in zwei Nahbetrachtungspositionen und einer Fernbetrachtungsposition
- Variation der Umfeldleuchtdichte durch die Tageslichtsimulation der BMW Group
- Variation der Geometrie durch Verwendung eines leuchten- und geometrieunabhängigen Prüfstands

Alle Versuche sind beschränkt auf trockene Wetterverhältnisse. Regen, Gischt und Nebel finden keine Berücksichtigung.

In Zusammenhang mit subjektiven Bewertungsergebnissen, müssen einerseits eine andere Gütekennzahl für die Homogenität gefunden werden und andererseits die messtechnisch zu erfassenden leuchtenden Flächen definiert werden. Die Schwierigkeit liegt darin, eine geeignete Fläche zur Bewertung der Homogenität und den Abstand für die ortsauflösende Messung festzulegen. Möglichkeiten sind folgende:

- Fläche des Kalterscheinungsbildes der Signalfunktion
- Fläche des Warmerscheinungsbildes, die durch einen Schwellwert ermittelt wird

Die Verwendung der Fläche des Kalterscheinungsbildes birgt die Nachteile, dass die Fläche aufwendig über Polygone definiert oder mit Hilfe einer Kantendetektion, was nicht reproduzierbare Ergebnisse liefert, detektiert wird. Die Definition der Fläche über einen Schwellwert erweist sich insofern als schwierig, als zunächst ein geeigneter Schwellwert bestimmt werden muss, der sowohl von der Umfeldleuchtdichte als auch von der lokalen Leuchtdichte des Schlusslichts abhängt. Als mögliche Parameter werden in den zukünftigen Untersuchungen unter anderem folgende untersucht:

- Leuchtdichtegradient
- Durchschnittliche Abweichung der Leuchtdichte vom Mittelwert
- Varianz der Leuchtdichte
- Ortsfrequenz der ortsauflösenden Messung

Die angewendete Methodik wird anschließend bei anderen subjektiven Bewertungskriterien angewendet, so dass möglichst viele gewonnene Erkenntnisse frühzeitig in den Entwicklungsprozess (Lastenheft) einfließen und bei der Auswahl verschiedener Designkonzepte herangezogen werden können.

7 Quellen

[1] Köth, K. ,Auslegung der Kraftfahrzeugbeleuchtung hinsichtlich Sicht und Signalisation, Universität Karlsruhe, 2009

[2] ECE-Regelung-R48. Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich des Anbaus der Beleuchtungs- und Lichtsignaleinrichtungen. Kirschbaum Verlag, Juni 2007 - 2007.

[3] Kleinkes, M. , Objektivierte Bewertung des Gütekriteriums Homogenität für Scheinwerfer-Lichtverteilungen, Universität Bielefeld, 2003

[4] Baer, R., Eckert, M., Gall, D., Schnor, R., Beleuchtungstechnik, Grundlagen, Verlag Technik Berlin, 1990