

# **Einfluss einer ambienten Innenraumbeleuchtung auf die Erkennbarkeit von Sehobjekten im nächtlichen Straßenverkehr**

*Michenfelder, Steffen*

*Neumann, Cornelius*

*Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

*Lichttechnisches Institut (LTI)*

*Engesserstraße 13, Geb. 30.34*

*76131 Karlsruhe*

*Telefon: 0721/608-46735, Telefax: 0721/608-42590*

*Email: [Steffen.Michenfelder@kit.edu](mailto:Steffen.Michenfelder@kit.edu) Internet: [www.lti.kit.edu](http://www.lti.kit.edu)*

## **1. Einleitung**

Technische Innovationen werden in der automobilen Lichttechnik in besonderem Maß von einem Zielkonflikt bestimmt. Auf der einen Seite gilt es, den Verkehrsraum zu einem möglichst hohen Grad auszuleuchten, um die Sehleistung des Fahrzeugführers zu erhöhen und damit einen potentiellen Risikofaktor zu minimieren. Auf der anderen Seite darf Licht nicht unkontrolliert in den Verkehrsraum gelangen. Eine potentielle Gefahrenquelle liegt in der übermäßigen Ausleuchtung des entgegenkommenden Verkehrs und der damit einhergehenden Blendungsbelastung der Fahrzeugführer.

In den letzten 40 Jahren ist die Zahl der Unfälle bedingt durch die größer werdende Verkehrsdichte um 68% gestiegen. Die Anzahl der dabei getöteten Verkehrsteilnehmer ist hingegen um 74% gesunken [BAS08]. Diese Zahlen sind größtenteils auf die immer höher werdenden technischen Sicherheitsstandards zurückzuführen. Weiterhin haben Untersuchungen gezeigt, dass die Wahrscheinlichkeit für einen Verkehrsunfall nachts dreimal so hoch ist wie tagsüber. Die Anzahl der getöteten Personen beträgt dabei tagsüber 25 (pro 1000 Unfällen) und steigt nachts auf 70 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..** Prinzipiell könnte man aus diesem Grund den Ansatz verfolgen, die Helligkeitsbedingungen im nächtlichen Straßenraum durch geeignete Fahrzeugscheinwerfer denen tagsüber anzunähern, um dadurch eine Erhöhung der visuellen Leistungsfähigkeit insbesondere über größere Entfernungen hinweg zu realisieren. Ein grundsätzliches Problem besteht aber darin, dass es nach dem heutigen

Stand der Technik nicht vermieden werden kann, dass das Licht der Fahrzeugscheinwerfer die Fahrer des entgegenkommenden Verkehrs erreicht. Deren Augen adaptieren dadurch auf ein höheres Helligkeitsniveau, wodurch visuelle Leistungsparameter wie der Schwellenkontrast oder die Sehschärfe negativ beeinflusst werden können. DAMASKY spricht in diesem Zusammenhang von „einer Erzeugung bestmöglicher Seh- und Wahrnehmungsbedingungen bei Nacht für den Kraftfahrer bei möglichst geringer Blendung anderer Verkehrsteilnehmer“ **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

Ein Lösungsansatz für diese Problematik wird in der automobilen Lichttechnik mit der Einführung von AFS<sup>1</sup>-Systemen verfolgt. Die Idee, die sich dahinter verbirgt, ist die situative Anpassung der Scheinwerferlichtverteilung an sich ändernde Umgebungsbedingungen im nächtlichen Straßenverkehrsraum.

Darunter ist zum einen die Änderung der Straßengeometrie zu verstehen, der mit der Entwicklung eines Kurven-, Abbiege- oder Autobahnlichts Rechnung getragen wird. Auch das Ausgleichen von Schwankungen der horizontalen Fahrzeugachse durch sich ändernde Beladungszustände des Fahrzeuges oder durch Kuppen und Senken der Straße wird hierzu gerechnet.

Einen anderen Aspekt stellt die Anpassung der Lichtverteilung der Scheinwerfer an das Auftreten anderer Verkehrsteilnehmer dar, was beispielsweise im Konzept der vertikalen Hell-Dunkel-Grenze seinen Ausdruck gefunden hat. Auch die gleitende Leuchtweitenregulierung sei in diesem Zusammenhang erwähnt.

Während sich die Entwickler der automobilen Lichttechnik darauf konzentrieren, das Licht der Scheinwerfer nur dorthin zu lenken, wo es zu keiner Verminderung der Sehleistung der Verkehrsteilnehmer führt, verfolgt die Firma uwe braun mit ihrem Produkt Antiblendlicht<sup>®</sup> einen Ansatz, der als ergänzende Maßnahme zur Blendungsverringerung im nächtlichen Straßenverkehr gesehen werden kann. Im Gegensatz zu den AFS-Systemen wird hier mit dem Ziel einer dynamischen Voradaptation Licht ins Auge des Fahrzeugführers gelenkt. Den Kern dieser ambienten Innenraumbeleuchtung bildet eine Lichtquelle, bestehend aus hinter einer Streuscheibe angebrachten LEDs, die, in Höhe der Sonnenschutzblende auf der Fahrerseite des Fahrzeugs installiert, entsprechend des Lichteinfalls gemäß eines internen Regelmechanismus adaptiv seine Helligkeit ändert und dadurch den Abfall der visuellen Leistungsfähigkeit des Auges vermindern soll. Dabei

erfassen die Beleuchtungsstärkesensoren sowohl das Licht entgegenkommender wie auch das nachfolgender Fahrzeuge.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird das psycho-physiologische Effektmaß des Antiblendlichtes im realen Straßenverkehrsraum quantifiziert.

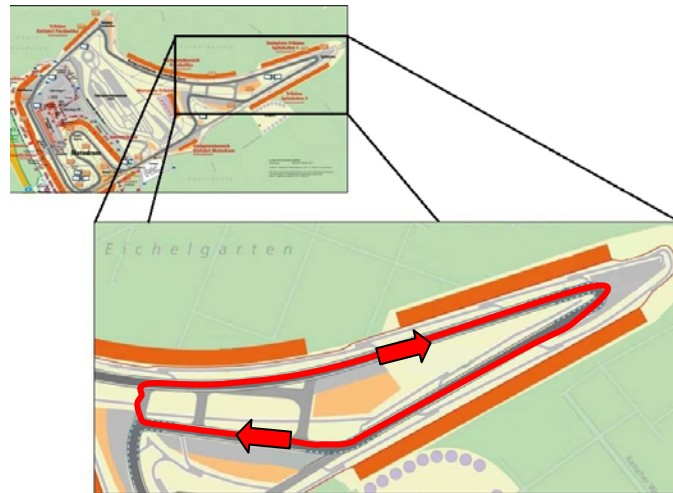
## **2. Versuchsaufbau und Durchführung**

In einer vorausgehenden Untersuchung haben JEBAS und MICHENFELDER [**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**] den Einfluss des Antiblendlichtes auf das Kontrastsehen in einem statischen Versuchsaufbau ermittelt und haben dabei nachweisen können, dass keine signifikante Abweichung des Schwellenkontrastes durch die Verwendung des Antiblendlichtes entsteht. Einen Einsatz im Fahrzeug im Fahrzeug ist daher aus sicherheitstechnischen Aspekten als bedenkenlos eingestuft worden, da es zu keiner signifikanten Veränderung der Sehleistung durch die Verwendung des Antiblendlichtes gekommen ist.

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, die Einflüsse des Antiblendlichtes im realen, dynamischen Straßenverkehr zu quantifizieren und potentielle Veränderungen von charakteristischen Parametern zu identifizieren. Dazu werden in zwei Versuchsteilen visuelle Leistungsparameter von Probanden ermittelt.

Im Anschluss an die praktischen Versuche bekommen die Probanden Fragebögen ausgehändigt, in denen Angaben zur Akzeptanz des Antiblendlichtes und zum allgemeinen Blendungsempfinden im Straßenverkehr gemacht werden.

Die Fahrversuche finden auf dem Gelände der Rennstrecke in Hockenheim statt (Abbildung 1), wodurch ein hohes Maß an Reproduzierbarkeit der Bedingungen gewährleistet werden kann. Insbesondere ist die Strecke nicht öffentlich zugänglich und nachts durch den umgebenden Wald nahezu frei von störenden Fremdlichteinflüssen.



**Abbildung 1:**  
Darstellung der Versuchsstrecke auf dem Hockenheimring

## Studie 1

Ziel des ersten Versuchsteils ist es, den Einfluss des Modulationszeitpunktes der Helligkeit des Antiblendlichtes zu quantifizieren. Dazu wird die Modulation zu verschiedenen Zeitpunkten durch eine gesteuerte externe Lichtquelle ausgelöst. Das Bewertungsmaß stellt die Erkennbarkeitsentfernung dar. Diese wird mittels Sehzeichen bestimmt, die an drei Stellen entlang der Versuchsstrecke positioniert sind. Die Sehzeichen (Abbildung 2) bestehen aus einem Quadrat mit 40 cm Kantenlänge, welches aus Gründen einer besseren Reproduzierbarkeit den RAL Farbtton „Verkehrsgrau B 7043“ (Reflexionskoeffizient  $\rho = 10\%$ ) aufweist. Als charakteristisches Merkmal verfügen sie über ein kleineres Quadrat der Kantenlänge 20 cm, welches rechts oder links vom größeren Quadrat angebracht ist. Die Aufgabe der Probanden besteht darin, die relative Lage des charakteristischen Merkmals sicher zu identifizieren und dabei einen Taster als Bestätigung zu drücken. Mittels einer Erfassung der Radumdrehungen des Versuchsfahrzeuges wird der Weg ermittelt, der von der Tasterbetätigung bis zum Erreichen des Sehzeichens zurückgelegt worden ist und in dieser Studie als Erkennbarkeitsentfernung angesehen wird. Dabei wird die Zeit zwischen Erkennen, Identifizieren und Drücken des Tasters durch den Probanden vernachlässigt.

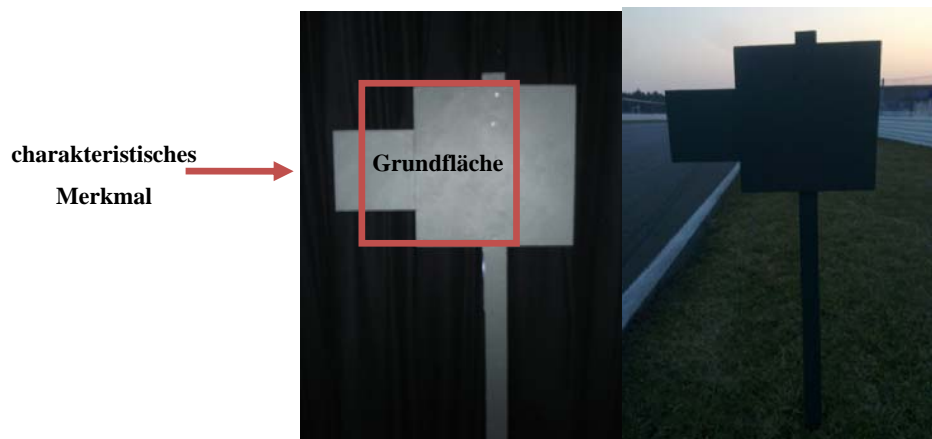


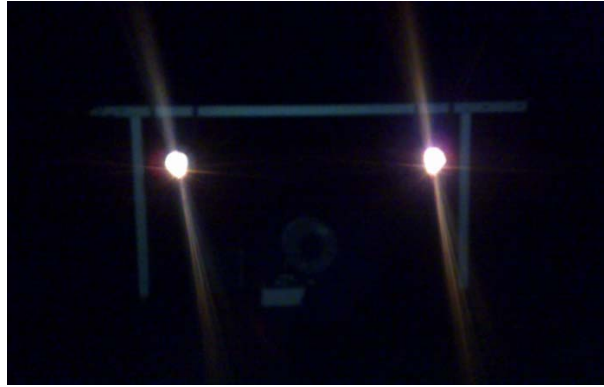
Abbildung 2:

Sehzeichen: Links mit Kennzeichnung der aktiven Flächen, rechts der Einsatz auf der Versuchsstrecke

Um eine typische Begegnungssituation zu realisieren, werden parallel zu den Sehzeichen Scheinwerferracks (Abbildung 3) positioniert, die die Scheinwerfer entgegenkommender Fahrzeuge modellieren. Die Fahrgeschwindigkeit des Versuchsfahrzeuges liegt bei relativ niedrigen 60 km/h, damit die Aufmerksamkeit des Probanden nicht zu sehr von der Aufgabe des Fahrzeuglenkens in Anspruch genommen wird. Um dennoch eine realistische Begegnungssituation auf der Landstraße zu simulieren (zwei Fahrzeuge fahren mit jeweils 100 km/h aufeinander zu), wird die Helligkeit der Scheinwerfer der drei Racks über eine Mikrocontroller-gestützte Schaltung gesteuert.

In der ersten Studie nehmen zehn Personen beider Geschlechter teil. Deren Alter liegt dabei zwischen 40 und 60 Jahren, da aufgrund der Trübung der Linse in diesem Bereich eine hohe Anfälligkeit gegen Streulicht und damit ein potentiell verstärktes Effektmaß des Antiblendlichtes vermutet wird. Zur Vermeidung eines Lerneffektes wird die Orientierung der charakteristischen Merkmale der drei Sehzeichen nach jedem Versuchsdurchgang permutiert.

Die Modulation des Antiblendlichtes wird an fünf Positionen relativ zur Blendlichtquelle ausgelöst: 65 m, 55 m, 45 m, 35 m und 25 m. Als Referenz wird eine Fahrt ohne Verwendung des Antiblendlichtes durchgeführt. Die Modulationscharakteristik entspricht der typischen Begegnungssituation zweier Fahrzeuge, die sich mit jeweils 100 km/h auf einer Landstraße entgegenkommen. Die hierfür notwendigen Werte hat MATSCHKE [Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.] in ihrer Bachelorarbeit aufgenommen.



**Abbildung 3:**

**Scheinwerferrack zur Simulation des Gegenverkehrs; basierend auf dem Projektionssystem und H7-Halogenglühlampen als Lichtquellen; betrieben durch 12V Gleichspannungsquellen**

## **Studie 2**

Der Aufbau des zweiten Versuchsteils ist prinzipiell derselbe, nur dass auf die externe Beleuchtung der Sensoren verzichtet und stattdessen die herkömmliche, gebräuchliche Version des Antiblendlichtes wird. Zusätzlich zur Bestimmung der Erkennbarkeitsentfernung zeichnet ein Blickverfolgungssystem den Durchmesser der Pupille des Probanden auf, um einen vermuteten Einfluss des Antiblendlichtes auf den selbigen feststellen zu können. Für diese Studie wird das System Smart Eye Pro 5.4 der Firma Smart Eye verwendet. Dieses basiert auf drei Infrarotkameras samt den zugehörigen Dioden, die zur Ausleuchtung des Gesichtes des Probanden mit für ihn unsichtbarem Infrarotlicht eingesetzt werden.

Das Versuchskonzept des zweiten Teiles sieht sechs Versuchsfahrten pro Proband vor, wobei drei Fahrten ohne und drei mit Verwendung des Antiblendlichtes durchgeführt werden. Die Orientierung der charakteristischen Merkmale wird wie im ersten Versuchsteil nach jeder Fahrt variiert, um einem Lerneffekt vorzubeugen. Ein Sehzeichen befindet sich auf gleicher Höhe mit dem dazugehörigen Scheinwerferrack. Die anderen beiden befinden sich 10 m vor der Blendlichtquelle bzw. 30 m dahinter. Am zweiten Teil der Studie nehmen 20 Probanden im Alter von 40 bis 60 Jahren teil.

## **3. Ergebnisse**

Die Auswertungen umfassen in Studie 1 den Vergleich der Erkennbarkeitsentfernungen, die zu den jeweiligen Modulationszeitpunkten ermittelt worden sind. In Studie 2 wird der Paarvergleich „mit und ohne Antiblendlicht“ durchgeführt und anhand der Parameter

Erkennbarkeitsentfernung und Pupillenweite quantifiziert. Zusätzlich wird über beide Studien hinweg eine statistische Analyse der Antworten aus dem Fragebogen betrieben.

## Studie 1

Für viele statistische Verfahren ist eine notwendige Voraussetzung die Normalverteilung der Messdaten, weshalb der Kolmogorov-Smirnov Test angewandt wird. Für alle sechs Variablen sind die p-Werte  $>0,05$  und es liegt demnach eine Normalverteilung der Daten vor. Die Messungen sind unter Variation eines Parameters, des Zeitpunktes des Modulationsbeginns, mit derselben Person durchgeführt worden, weshalb eine Varianzanalyse durchgeführt wird, um etwaige statistisch signifikante Abweichungen der Erkennbarkeitsentfernung identifizieren zu können. Der p-Wert gibt hier die Wahrscheinlichkeit an, dass eine beobachtete Abweichung der Mittelwerte der einzelnen Zeitpunkte allein durch Zufall entstanden ist und beträgt  $p = 0,40$ . Aus diesem Grund ist ein signifikanter Unterschied zwischen den Modulationszeitpunkten statistisch nicht nachweisbar.

Es ist daher nicht davon auszugehen, dass der Zeitpunkt, an dem die Modulation des Antiblendlichtes beginnt, einen Einfluss auf die Erkennbarkeitsentfernung des Fahrzeugführers hat. Es konnten allerdings aufgrund des großen zeitlichen Aufwandes nur einige wenige diskrete Entfernungen in die Untersuchung mit einbezogen werden. Eine feinere Abstufung zeichnete hier sicherlich ein detaillierteres Bild.

In Abbildung 4, Abbildung 5 und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist die deskriptive Statistik zur Studie 1 zu sehen. Die Whisker in Abbildung 5 reichen vom 5- bis zum 95-Perzentil, die Box umfasst alle Werte zwischen dem 25- und dem 75-Perzentil. Alle Werte kleiner als das 5- bzw. größer als das 95-Perzentil sind in der Darstellung nicht aufgenommen. Der schwarze Balken in der Box steht für den Median.

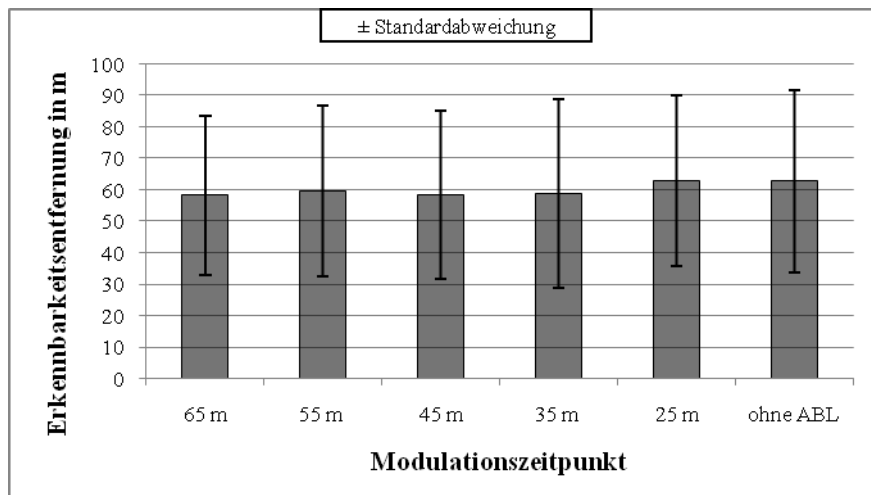


Abbildung 4:  
Mittelwerte und Standardabweichungen der Erkennbarkeitsentfernung Studie 1

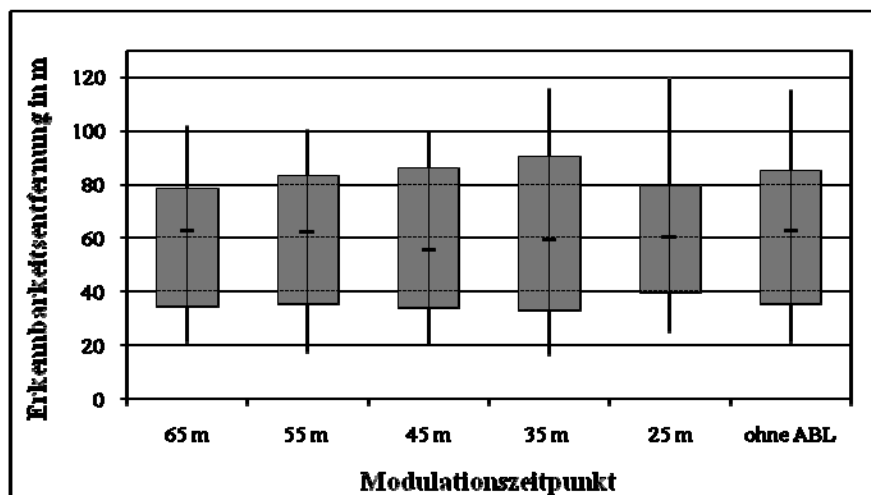


Abbildung 5:  
Mediane, Quartile (Q<sub>25</sub> und Q<sub>75</sub>) und die Quantile Q<sub>5</sub> sowie Q<sub>95</sub> der Erkennbarkeitsentfernung Studie 1

ABL-Modulationsstartzeitpunkt	65 m	55 m	45 m	35 m	25 m	Ohne ABL
Mittelwert	58,26	59,63	58,35	58,91	62,8	62,7
Standardabweichung	25,22	27,05	26,73	29,95	27,16	28,95
Q <sub>5</sub>	21,28	17,25	20,35	16,60	25,00	21,04
Q <sub>25</sub>	34,60	35,33	34,25	32,93	39,90	35,55
Median	62,70	62,25	55,75	59,55	60,40	62,65
Q <sub>75</sub>	78,50	83,05	86,10	90,30	79,30	85,03
Q <sub>95</sub>	101,96	100,16	99,90	115,43	119,18	115,12

Tabelle 1:  
Deskriptive Statistik Studie 1



## Studie 2

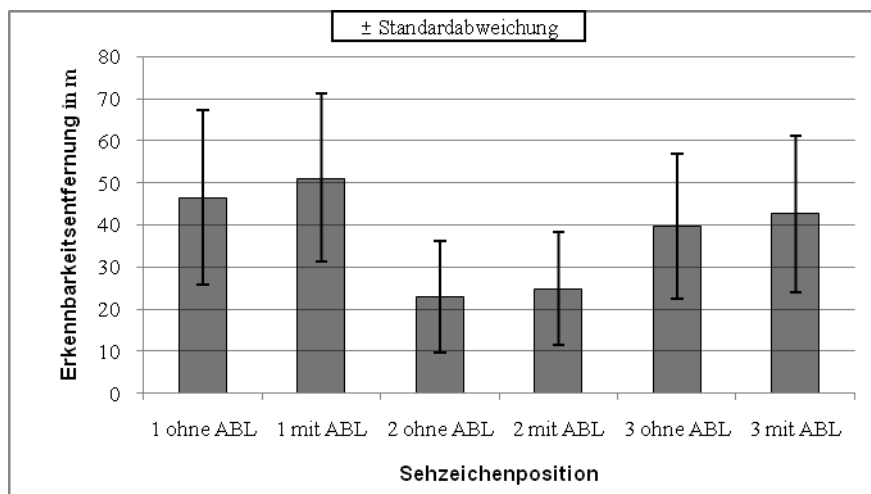
In der zweiten Studie werden die Erkennbarkeitsentfernung sowie die Pupillenweite im Paarvergleich „mit und ohne Antiblendlicht“ ermittelt. Es werden pro Proband jeweils drei Versuchsfahrten ohne und drei mit Antiblendlicht durchgeführt. Die Stichproben sind paarweise abhängig und deren Differenzen normalverteilt, weshalb für die statistische Auswertung der Zweistichproben-T-Test angewendet wird. Dieser vergleicht die Mittelwerte hinsichtlich einer potentiellen signifikanten Abweichung.

Die statistische Analyse ergibt für Sehzeichen 1 einen Wert von  $p = 8,00 \cdot 10^{-4}$ , was auf eine hohe Signifikanz der Abweichung der Mittelwerte hindeutet. Der mittlere Zuwachs der Erkennbarkeitsentfernung bei Verwendung des Antiblendlichtes beträgt 4,69 m.

Sehzeichen 2 weist einen Wert von  $p = 0,098$  auf, weshalb keine signifikante Abweichung der Mittelwerte nachgewiesen werden kann. Jedoch deuten p-Werte zwischen 0,05 und 0,1 auf eine Tendenz zu einer erhöhten Erkennbarkeitsentfernung bei Verwendung des Antiblendlichtes hin. Der mittlere Unterschied beträgt 1,96 m.

Sehzeichen 3 weist einen Wert von  $p = 0,051$  auf, weshalb hier ebenfalls keine signifikante, sondern lediglich eine tendenzielle Abweichung der Mittelwerte nachgewiesen werden kann. Der mittlere Unterschied beträgt 2,97 m.

Die deskriptive Statistik ist in Abbildung 6, Abbildung 7 sowie in Tabelle 2 zu finden.



**Abbildung 6:**  
Mittelwert und Standardabweichung der Mittelwerte der Erkennbarkeitsentfernung Studie 2

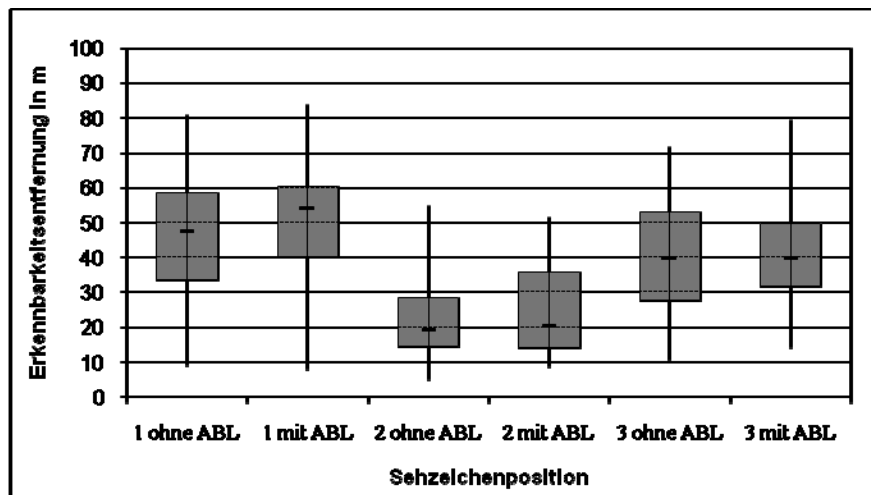


Abbildung 7:

Mediane, Quartile (Q25 und Q75) und die Quantile Q5 sowie Q95 der Erkennbarkeitsentfernung Studie 2

Sehzeichen	1 ohne ABL	1 mit ABL	2 ohne ABL	2 mit ABL	3 ohne ABL	3 mit ABL
Mittelwert	46,43	51,13	23,63	25,79	39,64	42,61
Standardabweichung	20,71	19,99	14,26	14,89	17,08	18,65
Q <sub>5</sub>	9,06	7,705	5,12	8,58	10,50	14,00
Q <sub>25</sub>	33,50	40,10	14,30	14,30	27,50	31,80
Median	47,30	54,00	19,80	20,90	39,60	39,60
Q <sub>75</sub>	58,55	60,38	29,60	36,30	52,90	49,80
Q <sub>95</sub>	80,98	83,64	56,62	57,94	71,70	79,30

Tabelle 2:

Deskriptive Statistik Studie 2

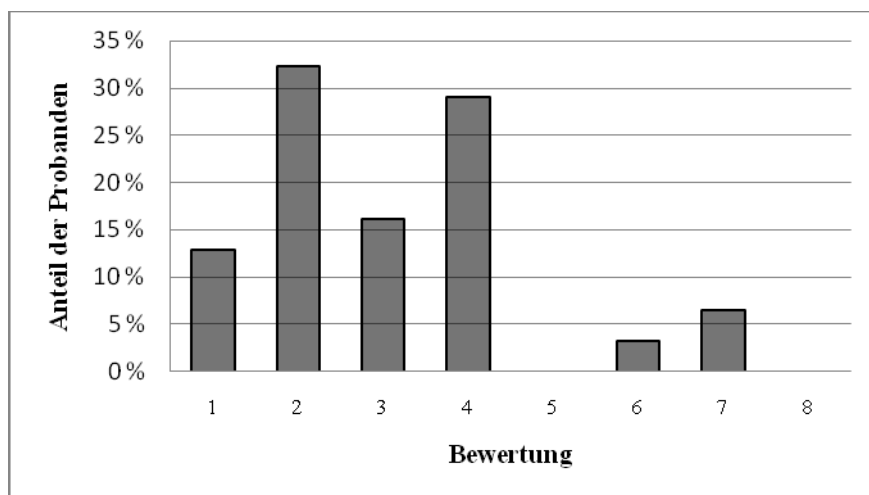
Zusätzlich zur Erkennbarkeitsentfernung ist in der Studie 2 der Durchmesser der Pupille des Fahrzeugführers aufgenommen worden. Das kamerabasierte Eye-Tracking System liefert nicht bei allen Probanden auswertefähige Daten, weshalb für die Analyse der Pupillenweite letztendlich zehn Probanden verwendet werden können. Betrachtet wird der arithmetische Mittelwert über einen gesamten Versuchsdurchgang hinweg. Eine separate Beurteilung der drei Sehzeichenpositionen wird aufgrund der relativ starken Streuung der Daten nicht in Betracht gezogen. Die Messdaten sind nicht normalverteilt, weshalb für den Paarvergleich „mit und ohne Antiblendlicht“ der Wilcoxonstest angewendet wird. Der p-Wert liegt bei allen Fällen zwischen 0 und 0,05, weshalb die Unterschiede der Mittelwerte statistisch signifikant sind. Der Durchmesser der Pupillen der Probanden verringert sich bis auf einen Versuchsdurchgang im Mittel (arithmetisches Mittel) um 0,35 mm von 5,24 mm auf 4,89 mm. Das 5-Perzentil liegt, gemittelt über alle Probanden und Versuchsdurchgänge, bei 3,92 mm ohne Antiblendlicht und bei 3,59 mm mit Antiblendlicht.

Das 95-Perzentil beträgt ohne 6,83 mm und mit 6,35 mm. Die Differenz zwischen 95-Perzentil und 5-Perzentil verringert sich bei Verwendung des Antiblendlichtes um 5%, d.h. der Pupillenhub wird kleiner. Dabei ist in diesem Zusammenhang allerdings nicht geklärt worden, ob die Veränderung der Amplitude der Tatsache geschuldet ist, dass sich eine zusätzliche Lichtquelle im Gesichtsfeld des Fahrzeugführers befindet, oder ob das Regelverhalten des Antiblendlichtes einen maßgeblichen Einfluss darauf hat.

## Fragebogen

Der erste Teil deckt allgemeine Aussagen zum Fahrverhalten des Probanden ab. Fast jeder Proband gibt an, dass er täglich mit einem Fahrzeug fährt und die jährliche Fahrleistung bewegt sich dabei in einem Bereich von 15.000 – 25.000 km. Die Fahrerfahrung der Probanden liegt bei 90% der Probanden bei über 20 Jahren zu erkennen.

Die Angaben zeigen, dass es sich bei den Teilnehmern dieser Studie um erfahrene Fahrzeugführer handelt. Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse der Frage nach dem allgemeinen Blendempfinden im nächtlichen Straßenverkehr. Der Durchschnittswert liegt hier bei 3,43, wobei die 1 eine unmerkliche und die 7 eine unerträgliche Blendung darstellt. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass die Problematik der Blendung im nächtlichen Straßenverkehr von den Probanden als bedeutend eingeschätzt wird.



**Abbildung 8:**  
**Einschätzung der empfundenen Blendung im nächtlichen Straßenverkehr;**  
**1 steht für unmerklich, 7 für unerträglich**

Der zweite Teil des Fragebogens beinhaltet allgemeine Fragen zur Wahrnehmung des Antiblendlichtes. Bei der Frage, ob das ABL allgemein als positiv und angenehm

empfundene wird, ergibt sich auf der achtstufigen Skala ein Mittelwert von 6,1. Bei der Frage, was sie beim Einsatz des Antiblendlichtes gestört hat, wird bei erlaubten Mehrfachnennungen elfmal die ungewohnte leuchtende Fläche an der Decke angegeben. Zehnmal wird die Helligkeitsänderung als Störung betrachtet und 15 Probanden empfinden das Antiblendlicht als nicht störend. Weiterhin können sich 2/3 der Probanden vorstellen, dass man mithilfe des Antiblendlichtes mehr von der Umgebung außerhalb des Fahrzeuges wahrnehmen kann. 20% negieren die Frage und die übrigen 13 % machen keine Aussage. Die Frage nach der Wirksamkeit des Antiblendlichtes hinsichtlich einer verringerten Müdigkeit wird von 2/3 der Probanden bejaht. 23 % verneinen die Frage und 10 % sind unentschlossen.

#### **4. Zusammenfassung und Ausblick**

Im Rahmen dieser Studie ist in einem Probandenversuch der Einfluss der ambienten Innenraumbeleuchtung Antiblendlicht auf die Parameter Erkennbarkeitsentfernung und Pupillenweite ermittelt worden. Um subjektive Einflüsse feststellen zu können, ist von den Probanden im Anschluss an den Versuch ein Fragebogen ausgefüllt worden.

In einer ersten Studie ist der Einfluss des Startzeitpunktes der Modulation des Antiblendlichtes auf die Erkennbarkeitsentfernung untersucht worden. Die Ergebnisse weisen auf keine statistisch erkennbare Veränderung hin.

In einer zweiten Studie sind sowohl die Erkennbarkeitsentfernung als auch die Pupillenweite des Probanden in einem Paarvergleich „mit und ohne Verwendung des Antiblendlichtes“ protokolliert worden. Der Zugewinn in der Erkennbarkeitsentfernung ist an der Sehzeichenposition 10 m vor der Blendlichtquelle mit fast 7 m relativ groß und hat eine hohe statistische Relevanz. Auch wenn an den anderen beiden Positionen der Zuwachs im Mittel kleiner ausfällt, lässt sich eine gewisse Tendenz zu einer Verbesserung der visuellen Leistungsfähigkeit durch den Einbau der ambienten Innenraumbeleuchtung Antiblendlicht erkennen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist die Anhebung des Adaptationsniveaus des Auges im Vorfeld des Blendereignisses und die damit potentiell verbundene schwächer ausfallende Verringerung der visuellen Leistungsfähigkeit.

Dabei ist ebenso wie in der Betrachtung der Pupillenweite im Rahmen dieses Versuches nicht geklärt worden, ob die Differenzen der ermittelten Erkennbarkeitsentfernungen durch

das Regelverhalten des Antiblendlichtes zustande kommen oder ob sie auch durch eine statische ambiente Innenraumbeleuchtung ohne Dynamikkomponente beobachtet werden können. Dieser Fragestellung sollte in einer nachfolgenden Studie nachgegangen werden.

Die Aufzeichnung der Pupillenweite ergibt eine statistisch signifikante Verringerung des Pupillendurchmessers bei Verwendung des Antiblendlichtes, die mit 0,35 mm beziffert wird. Dabei wird auch dessen Amplitude um ca. 5% kleiner.

Aus der Evaluierung der Fragebögen lässt sich einerseits schließen, dass das Bewusstsein für die Blendproblematik im nächtlichen Straßenverkehr vorhanden ist. Andererseits empfängt das Antiblendlicht eine hohe Akzeptanz und wird von der Mehrheit der Probanden als potentiell Mittel zur Verringerung der Blendung erachtet.

Setzt man die Ergebnisse der vorliegenden dynamischen Studien in Kontext zu denen der statischen [Jeb10], kann man schlussfolgern, dass das Antiblendlicht einen positiven Beitrag zur Fahrsicherheit im nächtlichen Straßenverkehr leisten könnte.

Für weitere Untersuchungen ist die Fragestellung relevant, inwiefern die Lichtfarbe des Antiblendlichtes einen Einfluss auf die visuelle Leistungsfähigkeit des Fahrzeugführers hat.

Auch vertiefende Studien der Auswirkungen von ambienten Innenraumbeleuchtungen auf die stressbedingte Fahrerbelastung scheinen vielversprechende Erkenntnisse liefern zu können.

## Literaturverzeichnis

[Str08] 2008. *Straßenverkehrsunfälle in Deutschland*. s.l. : Bundesanstalt für Straßenwesen, 2008.

[Joa95] Damasky, Joachim. 1995. *Lichttechnische Entwicklung von Anforderungen an Kraftfahrzeugscheinwerfer*. Darmstadt : Dissertation, 1995.

[Jeb10] Jebas, Christian. 2010. *Einfluss einer ambienten Innenraumbeleuchtung auf das Kontrastsehen des Fahrzeugführers*. Wiesbaden : Springer Verlag, 2010. 07-08/2010.

[Ler03] Lerner, Markus. 2003. *Analyse der Unfalldaten*. Bonn : Schriftreihe Verkehrssicherheit, Unfälle in der Dunkelheit, Deutscher Verkehrssicherheit, 2003.

[Mat10] Matschke, Josephine. 2010. *Nächtliche Blendsituationen auf der Landstraße*. Karlsruhe : Bachelorarbeit, 2010.

