

## LITG-PUBLIKATION 35

### »FLIMMERN UND STROBOSKOPISCHE EFFEKTE VON PWM-GESTEUERTEN LED-AUTOSCHEINWERFERN«

Im August 2017 veröffentlichte die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. die Publikation 35. Sie entstand im Fachgebiet Fahrzeugbeleuchtung des Technisch-Wissenschaftlichen Ausschusses (TWA) der LiTG.

Die Automobilbeleuchtung ersetzt konventionelle Leuchtmittel sukzessiv durch LEDs, da sie eine Reihe interessanter Möglichkeiten im Design und in der Funktionalität bieten. Auch lassen sie sich sehr gut dimmen. Aufgrund ihres schnellen Schaltverhaltens wird der Lichtstrom der LEDs in den meisten Anwendungen durch Pulsweitenmodulation (PWM) gedimmt. Um die elektromagnetische Verträglichkeit zu gewährleisten, wird die PWM-Modulation möglichst gering gehalten. Schnelle Augenbewegungen können hier zu unerwünschten stroboskopischen Effekten führen, die visuelle Irritationen oder optische Täuschungen hervorrufen können.

Die Publikation 35 beschreibt Labor- und Festtests, die Einflussfaktoren auf die Entstehung solcher Effekte und der damit verbundenen visuellen Irritationen systematisch untersuchen. Sie stellt darüber hinaus auch eine Methode zur Reduzierung stroboskopischer Effekte vor.

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass viele physiologische Studien den Fokus auf die direkte Wahrnehmung von Flimmern legen und dass sich nur wenige Untersuchungen mit anderen visuellen Effekten bei intermittierendem Licht auseinandersetzen. Die vorliegenden lichttechnischen Studien wurden teilweise unter künstlichen Bedingungen durchgeführt. Daher ist es fraglich, ob sich ihre Ergebnisse auf die Praxis übertragen lassen. Zudem gibt es noch keine Studien über stroboskopische Effekte bei PWM-gedimmter Kfz-Frontbeleuchtung.

Um die relevanten Einflussparameter zu ermitteln und einzugrenzen, wurde im Labor ein Versuchsstand entwickelt, der eine Verkehrssituation maßstabgetreu nachstellt. Die durchgeführten Probandenstudien befassen sich mit stroboskopischen Effekten unter den für die Kfz-Beleuchtung relevanten Bedingungen. Die Ergebnisse zeigen, dass die für die Kfz-Beleuchtung üblichen PWM-

Frequenzen kein Flimmern verursachen. Der Stroboskopeffekt entsteht nur an stark reflektierenden Objekten wie Verkehrsschildern und Retroreflektoren. Die ermittelte Grenzfrequenz liegt unterhalb von 1.000 Hz. Für die Praxis ist eine PWM-Frequenz um 460 Hz zu empfehlen, um den Stroboskopeffekt zu vermeiden. In Fahrversuchen mit Probanden wurden die Flimmereffekte im realen Straßenverkehr untersucht. Die Ergebnisse sind mit den Laborergebnissen qualitativ vergleichbar. Die absoluten Werte für die Grenzfrequenz sind etwas niedriger. Dies ist auf die Fahraufgabe und dynamische Verkehrssituationen zurückzuführen, die im Labor nicht nachgestellt werden können. Die Laborergebnisse liefern dennoch eine gute Schätzung der Extremwerte. Mithilfe des erarbeiteten Verfahrens kann die PWM-Frequenz sogar 200 Hz betragen, ohne dabei den Stroboskopeffekt zu verursachen.

Die Publikation 35 richtet sich in erster Linie an Entwickler von Kfz-Beleuchtungssystemen, eignet sich aber auch als grundsätzliche Information für Entwickler jeglicher LED-Licht-Systeme, insbesondere für Bürobeleuchtung.

#### LiTG-Publikation 35

*Flimmern und stroboskopische Effekte von PWM-gesteuerten LED-Fahrzeugscheinwerfern*

*Dr.-Ing. Dmitrij Polin*

*Prof. Dr.-Ing. habil. Tran Quoc Khanh (Co-Autor)*



*TU Darmstadt,*

*Institut für Elektrome-*

*chanische Konstruktionen,*

*Fachgebiet Lichttechnik*

*ISBN 978-3-927787-59-9*

*1. Auflage August 2017*

*48 Seiten, 26 Abbildungen,*

*17 Tabellen, 7 Formeln*

*Druck 25 € inkl. MWSt*

*zuzügl. Versand*

*25 % Mitglieder-Rabatt*

*(LiTG, LTG, NSVV, SLG)*