

# Entwicklung eines Versuchstandes zur ortsaufgelösten Leuchtdichtemessung von Fahrradscheinwerfern nach DIN 33958

*Ingo Herzog, Oliver Dannberg, Richard Roeder, Benjamin Rudolf, Alexander Behr, Christoph Schierz / TU Ilmenau*

## **Problemstellung und Forschungsfragen**

Für die Vermessung von Fahrradscheinwerfern existieren bisher Versuchsstände mit punktuellen Beleuchtungsstärkemessgeräten. Da die punktuelle Messung zeitaufwändig ist, sollte ein transportabler, schnell aufzubauender Messstand mit einer Leuchtdichtemesskamera (LMK) entwickelt werden. Dieser ermöglicht es, das gesamte Leuchtdichtebild eines Fahrradscheinwerfers in 10 m Entfernung ortsaufgelöst aufzunehmen und für eine spätere Auswertung zu speichern.

## **Stand der Wissenschaft/Technik**

Nach DIN 33958:2013 werden neun Messpunkte und eine Messregion zur Charakterisierung der Beleuchtungsstärkeverteilung und der Bestimmung der Zulässigkeit des Scheinwerfers im Bereich der StVZO benutzt. Die einzelnen Messpunkte dürfen in 10 m Entfernung eine maximale Ausdehnung von 65 mm x 65 mm haben. Diese sind über eine Fläche von 4,09 m<sup>2</sup> (2,80 m x 1,46 m) annähernd gleichmäßig verteilt. Die gesamte Lichtverteilung des Scheinwerfers wird bei dieser Charakterisierung völlig außer Acht gelassen.

## **Forschungshypothesen**

Mit der Leuchtdichtemessung mittels LMK ist eine deutlich genauere und aussagekräftigere Charakterisierung der Beleuchtungsstärke- bzw. Leuchtdichteverteilung möglich, da nicht nur die Messwerte der einzelnen Felder ermittelt werden, sondern die Werte der gesamten Lichtverteilung.

## **Versuchsaufbau**

Der entwickelte Versuchsaufbau besteht im Wesentlichen aus einer LMK, einer definierten Arretierung für beliebige Fahrradscheinwerfer und einer beliebigen diffus reflektierenden Messwand mit bekanntem Reflexionsgrad. Darüber hinaus wurden in der Auswertesoftware die in DIN 33958 geforderten zehn Messfelder implementiert, um die Zulässigkeit des Fahrradscheinwerfers im Bereich der StVZO zu beurteilen.

## **Ergebnisse im Vergleich mit bisherigen Ergebnissen**

In dem Messverfahren können nun alle Messwerte gleichzeitig ermittelt werden. In der Auswertesoftware wurden alle zehn Messfelder eingefügt, so dass in relativ kurzer Zeit alle Regionen gleichzeitig ausgewertet werden können. Die Umrechnung der ermittelten Leuchtdichten in die Beleuchtungsstärken, welche von der DIN 33958 verwendet werden, ist unter Berücksichtigung des Reflexionsgrades der Wand oder Leinwand möglich. Somit ist eine Kompatibilität zu den bisherigen Zulassungsbedingungen gegeben. Der neue Versuchsaufbau wurde für unterschiedliche Fahrradscheinwerfer mit Hochdruckentladungslampen oder LED-Lampen getestet.

# Entwicklung eines Versuchstandes zur ortsaufgelösten Leuchtdichtemessung von Fahrradscheinwerfern nach DIN 33958

Ingo Herzog, Oliver Dannberg, Richard Roeder, Benjamin Rudolf, Alexander Behr, Christoph Schierz / TU Ilmenau

## 1. Einleitung

Durch die fortschreitende Entwicklung der LED werden Fahrradscheinwerfer immer heller. Waren bei Scheinwerfern mit Glühlampen als Leuchtmittel im hellsten Punkt noch 20 lux Beleuchtungsstärke (gemessen in 10 m Entfernung zum Scheinwerfer) üblich, sind heute mit den modernen Leuchtmitteln 40-50 lux oder höher keine Seltenheit.

Nach DIN 33958:2013 werden neun Messpunkte und eine Messzone zu der Charakterisierung des Leuchtbildes und der Bestimmung zur Zulässigkeit des Scheinwerfers im Bereich der StVZO benutzt. Die einzelnen Messpunkte dürfen in 10 m Entfernung eine maximale Fläche von 65 mm x 65 mm haben. Der Aufbau wird in 10 m Entfernung vor der zu untersuchenden Leuchte senkrecht aufgebaut und der hellste Punkt des Leuchtdichtefeldes sollte im horizontalen und vertikalen Schnittpunkt (H-V) liegen.

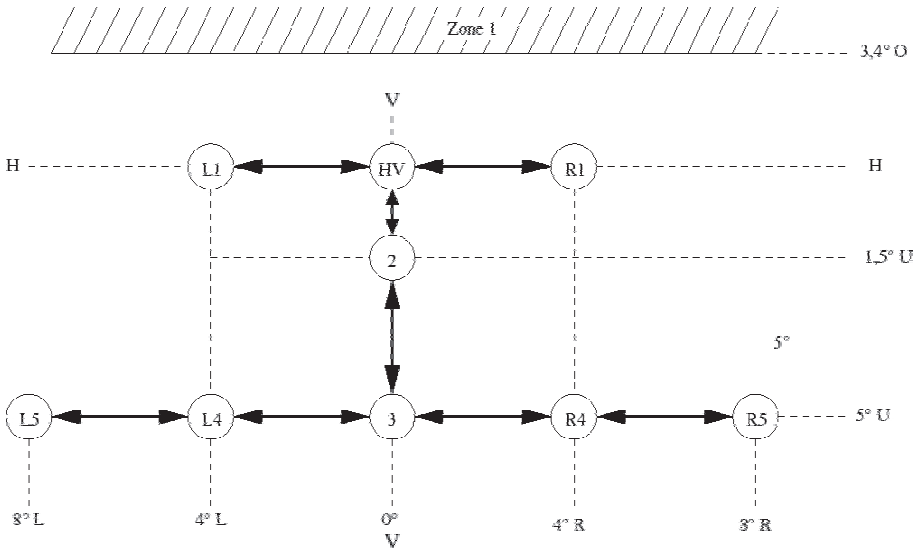


Abbildung 1: Messpunkte nach DIN 33958:2013 zur Bewertung eines Fahrradscheinwerfers

Den größten zu untersuchenden Bereich gibt die Zone 1 an, die  $3,4^\circ$  oberhalb des Punktes H-V liegt. Diese Zone bestimmt die Hell-Dunkel-Grenze und in diesem Bereich darf eine Beleuchtungsstärke von 2 lux nicht überschritten werden. Alle weiteren Messpunkte sind symmetrisch horizontal in  $4^\circ$ - und  $8^\circ$ -Schritten und vertikal in  $1,5^\circ$ - bzw.  $5^\circ$ -Schritten um den Punkt H-V angeordnet. Nach DIN 33958:2013 soll in dem Punkt H-V die maximale Beleuchtungsstärke erreicht werden. Die anderen Punkte dürfen ein Minimum nicht unterschreiten und müssen in einem bestimmten Verhältnis zum Maximalwert stehen. Diese zehn Messflächen sind über einen Bereich von  $4,09 \text{ m}^2$  ( $2,80 \text{ m} \times 1,46 \text{ m}$ ) annähernd gleichmäßig verteilt. Die gesamte Lichtverteilung des Scheinwerfers wird bei dieser Charakterisierung völlig außer Acht gelassen.

Üblicherweise werden diese zehn Messflächen mit Luxmetern mit kreisförmiger Empfängerfläche charakterisiert. Je nach Verfügbarkeit werden die zehn Messpunkte gleichzeitig (bei 10 vorhandenen gleichen Luxmetern) oder nacheinander ermittelt.



Abbildung 2: Gesamtaufbau des Geräteträgers

Mit der Leuchtdichtemessung mittels LMK (Leuchtdichtemesskamera) ist eine deutlich genauere und aussagekräftigere Charakterisierung der Beleuchtungsstärke- bzw. Leuchtdichteverteilung möglich, da nicht nur die Messwerte der einzelnen Felder ermittelt werden, sondern auch die Werte der gesamten Lichtverteilung. Dies zeigt auch einen weiteren Vorteil des Systems, da nun alle Messwerte gleichzeitig ermittelt werden können und nicht nacheinander.

Ein weiteres Ziel der Konstruktion sollte ein einfacher standardisierter Aufbau auch in nicht speziell für die Messung von Fahrradscheinwerfern vorbereiteten Versuchsräumen sein. So ist mit unserem Versuchsaufbau eine Bewertung von Scheinwerfern in Räumen möglich, die mindestens 11 m Länge, 5 m Breite und eine weiße und matte Fläche besitzen. Dies können weiß gestrichene Wände oder einige Leinwände sein. Von vornherein war es ein Ziel, die Konstruktion in möglichst kurzer Zeit aufbauen zu können und trotzdem die Fehlerrate beim Aufbau durch Standardisierung so gering wie möglich zu halten.

## 2. Aufbau

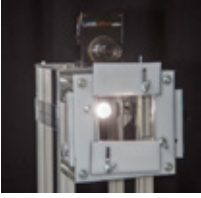


Abbildung 3:  
Anordnung von Kamera  
und Scheinwerfer im  
Geräteträger

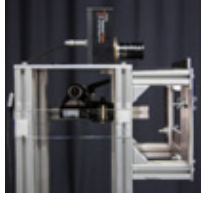


Abbildung 4:  
Seitenansicht des  
Geräteträgers

Der Messstand ist so aufgebaut, dass er leicht zu transportieren ist. Dazu sind die zur Stabilisation nötigen Ausleger klappbar konstruiert. Die zu untersuchende Fahrradleuchte wird in 1,40 m Höhe auf einem Aluminiumrohr befestigt. Die Montage erfolgt „über Kopf“. Dies hat den Vorteil, dass es im oberen Bereich der Wand mehr Platz zur Darstellung des Leuchtdichtebildes gibt. Weiterhin hat somit die Leuchtdichtemesskamera, welche oberhalb der Fahrradleuchte montiert ist, weniger Winkerversatz zur zu bewertenden Fläche. Die LMK wird über einen Anschlag in einer Position fixiert.

## 3. Messmethode

In der Auswertesoftware sind alle zehn Messfelder über eine Maske eingefügt, so dass in relativ kurzer Zeit alle Regionen gleichzeitig ausgewertet werden können. Dazu stehen alle in der Software möglichen Funktionen zur Verfügung. Üblicherweise und vor allem für die Anforderungen der DIN 33958:2013 von Bedeutung sind die Grauwertstatistiken, die den Maximal-, den Minimal- und den Mittelwert ausgeben.

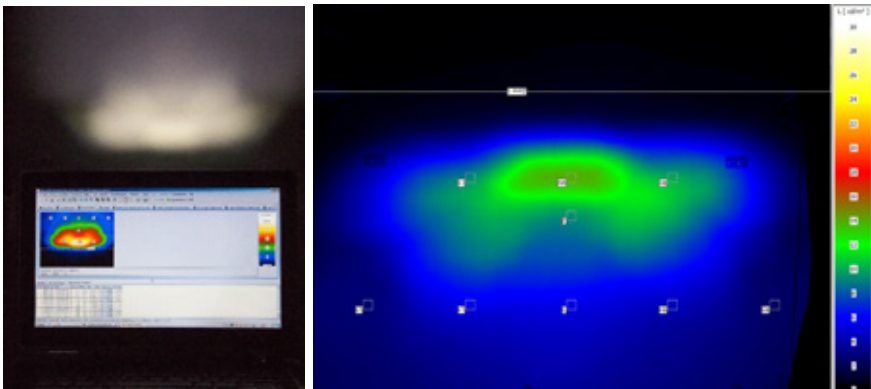


Abbildung 4: links: Vergleich zwischen Falschfarbenbild und realem Leuchtdichtebild  
rechts: eingebettete Maske der Messregionen in das Falschfarbenbild

Die Umrechnung der Leuchtdichte in die Beleuchtungsstärke, die von der DIN 33958:2013 verwendet wird, ist unter Berücksichtigung des Reflexionsgrades der Wand oder Leinwand möglich. Dieser muss dafür natürlich im Vorfeld ermittelt werden. Die Umrechnung geschieht mit der Formel:

$$E_v = \frac{L_v * \pi * \Omega_0}{\rho}$$

Die Konstruktion wird mit fünf im Handel erhältlichen Fahrradleuchten getestet, welche alle eine Zulassung für den Bereich der StVZO haben. Es werden bewusst unterschiedliche Lichtsysteme ausgewählt. Ein Scheinwerfer besitzt eine Gasentladungslampe, alle anderen haben LEDs als Lichtquellen. Bei den LED-Scheinwerfern ist ein Vertreter dabei, der mittels Linsenprojektion arbeitet. Außerdem gibt es eine Fahrradleuchte, die zusätzlich ein sogenanntes Offroadlicht eingebaut hat. Diese Funktion darf nicht im Straßenverkehr eingesetzt werden.

Alle diese Scheinwerfer zeigen ein völlig unterschiedliches Leuchtbild, obwohl sie alle die DIN 33958:2013 erfüllen.

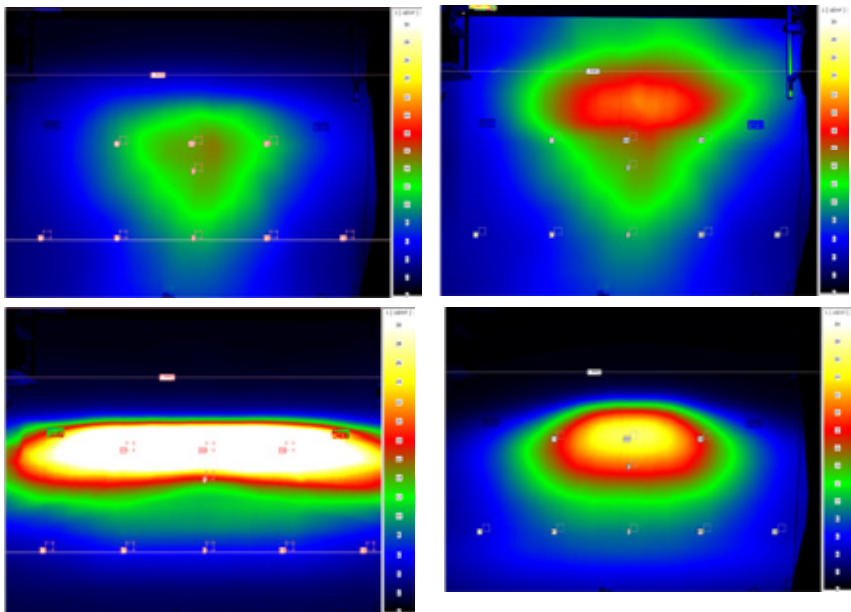


Abbildung 6: links der Scheinwerfer mit Gasentladungslampe, rechts mit LED und Linsenprojektion