
Einstellung der Lage der Lichtstärkenverteilung von Kfz-Scheinwerfern unter erschwerten Bedingungen

Kyriakos Kosmas, Bastian Zydek, Simon Zydek, Prof. Tran Quoc Khanh, Fachgebiet Lichttechnik, Technische Universität Darmstadt

1 Kurzfassung

In einer Bachelor-Arbeit ist ein Gerät entstanden, mit dessen Hilfe Kfz-Scheinwerfer unter erschwerten Bedingungen eingestellt werden können.

Das Gerät basiert auf der Verwendung von drei Koordinatensystemen: Ein globales Bodenkoordinatensystem und zwei lokale Koordinatensysteme, welche zum einen die Lage des Fahrzeuges und zum anderen die Lage des Scheinwerfers beschreiben. Unter Berücksichtigung des Nickwinkels (1%) werden die Koordinatensysteme überlagert. Anschließend kann ein virtueller Schnittpunkt zwischen einem ideal eingestellten Scheinwerfer und einer virtuellen Wand vor dem Fahrzeug berechnet werden. Durch Ausrichten eines Lasers auf diesen Schnittpunkt können die Scheinwerfer eingestellt werden.

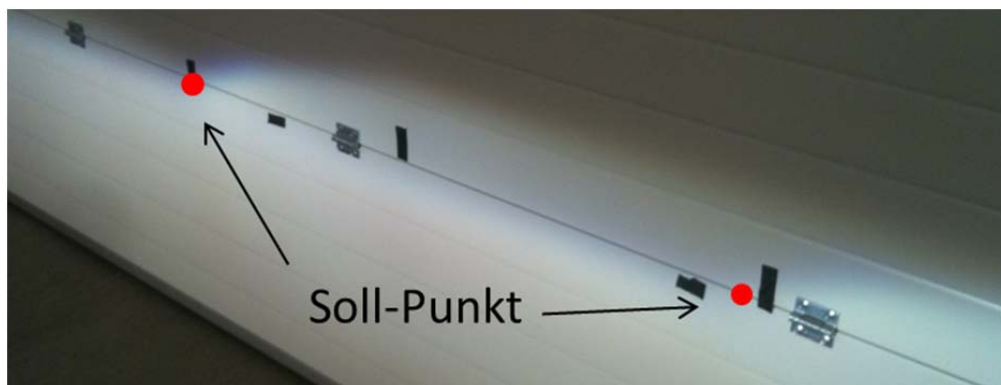


Abbildung 1 Scheinwerfereinstellung mit Hilfe eines Lasers (Skizze)

2 Einleitung

Kfz Scheinwerfer müssen horizontal und vertikal anhand der UNECE Norm R48 [1] eingestellt werden. Generell werden zwei unterschiedliche Möglichkeiten zum Einstellen von Scheinwerfern eingesetzt. Hierbei handelt es sich zum einen um Scheinwerfereinstellgeräte (Abk.: SEG) und zum anderen um die Verwendung des Messschirmverfahrens. Beide Verfahren setzen einen ebenen Untergrund voraus. Dies kann nur mit großem Aufwand unter Versuchsbedingungen und in Werkstätten realisiert werden. Somit wurde ein Gerät entwickelt, mit dessen Hilfe Kfz-Scheinwerfer auch auf unebenem Untergrund (öffentliche Straßen) am Fachgebiet Lichttechnik eingestellt werden können.

Mit richtig eingestellten Scheinwerfern wird sichergestellt, dass andere Verkehrsteilnehmer nicht geblendet werden und eine optimale Ausleuchtung der Straße und des Umfeldes garantiert wird. Eine korrekte Einstellung von Frontscheinwerfern ist ebenso Voraussetzung für die korrekte Funktion von dynamischen bzw. adaptiven Lichtsystemen.

3 Grundlagen

Bei der Verwendung des Messschirm-Verfahrens werden bestimmte Fahrzeugpunkte auf einen Messschirm in 10 m projiziert. Hierbei handelt es sich um den Fahrzeugmittelpunkt, den Scheinwerferabstand und die Scheinwerferhöhe. Die Kombination der Punkte kennzeichnet dann die Soll-Lage der HDG auf dem Messschirm. Als Problem stellt sich dabei heraus, dass alle Messungen vom „Augenmaß“ abhängen und somit eine große Fehlerwahrscheinlichkeit aufweisen. Es ist ebenfalls sehr schwer das Fahrzeug in einem exakten rechten Winkel vor der Wand zu positionieren. Weitere Probleme bei der Verwendung dieser Methode unter Versuchsbedingungen am FGLT sind:

- Es werden unbedingt zwei Personen benötigt, vor allem um den Mittelpunkt des Fahrzeuges auf die Wand zu übertragen.
- Mit einer Einstelldauer von ca. 15 Minuten ist das Verfahren sehr zeitintensiv.
- Es wird ein ebener Untergrund vorausgesetzt.

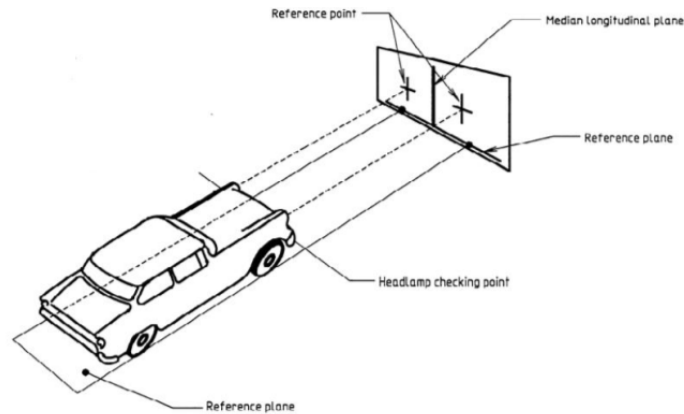


Abbildung 2 Messschirmverfahren [2]

Die zweite Methode um Scheinwerfer einzustellen, ist die Verwendung eines Scheinwerfereinstellgerätes. Alle auf dem Markt befindlichen SEG verfügen über eine Fresnel-Linse. Diese bündelt das Scheinwerferlicht und verkürzt somit den Einstellabstand, im Vergleich zum Messschirm-Verfahren, von 10 Metern auf unter 1 Meter. Es handelt sich also um ein kompaktes Messschirmverfahren, wobei die Geräte je nach verwendetem Prinzip, kamerabasiert oder durch Verwendung einer Schablone, zwischen 400 € und 2000 € kosten.



s:Hella

Abbildung 3 Scheinwerfereinstellgerät (Abk.: SEG)

Beide Verfahren benötigen einen ebenen Untergrund der in der ISO 10604 [2] definiert ist. Es wird zwischen zwei Prüfflächen unterschieden: Prüffläche auf der das Fahrzeug steht und Prüffläche auf der das SEG steht. Die Fahrzeugprüffläche muss eine Bodenunebenheit von unter 1 mm/m aufweisen wobei die Prüffläche des SEG eine Bodenunebenheit kleiner als 0,5 mm/m haben muss [2]. Falls dies nicht der Fall ist, wird durch eine Fehleinstellung der Scheinwerfer entweder der Gegenverkehr geblendet oder es entsteht ein Sicherheitsrisiko wegen zu tief eingestellten Scheinwerfern.

4 Methodik

Damit Scheinwerfer auf unebenem Untergrund einstellbar sind, muss die Lage des Fahrzeuges bezüglich einer Referenz bekannt sein. Als Referenz wird hierbei ein horizontales Koordinatensystem eingeführt. Zusätzlich wird ein Scheinwerferkoordinatensystem verwendet. Mit der Kenntnis des Nickwinkels (ϕ), also der Verdrehung des Scheinwerferkoordinatensystems zum Fahrzeug, kann die Soll-Lage dieses Koordinatensystems definiert werden. Es gilt also den Bezugspunkt des Scheinwerfers, die Neigung des Fahrzeuges (α) und die Fahrtrichtung des Fahrzeuges zu bestimmen.

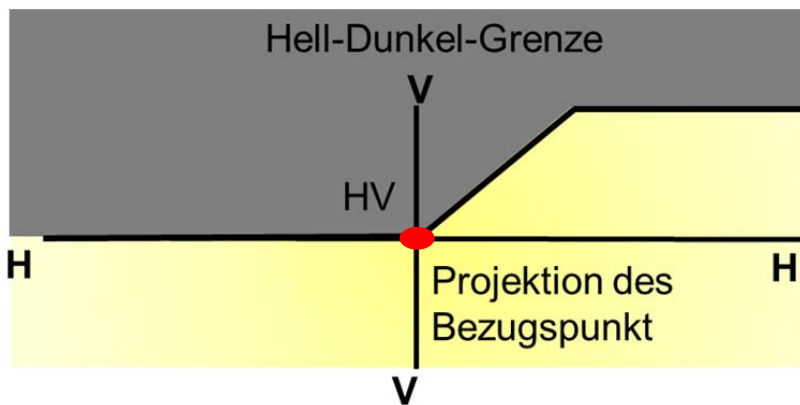


Abbildung 4 Projektion des Bezugspunktes



Abbildung 5 Der Bezugspunkt

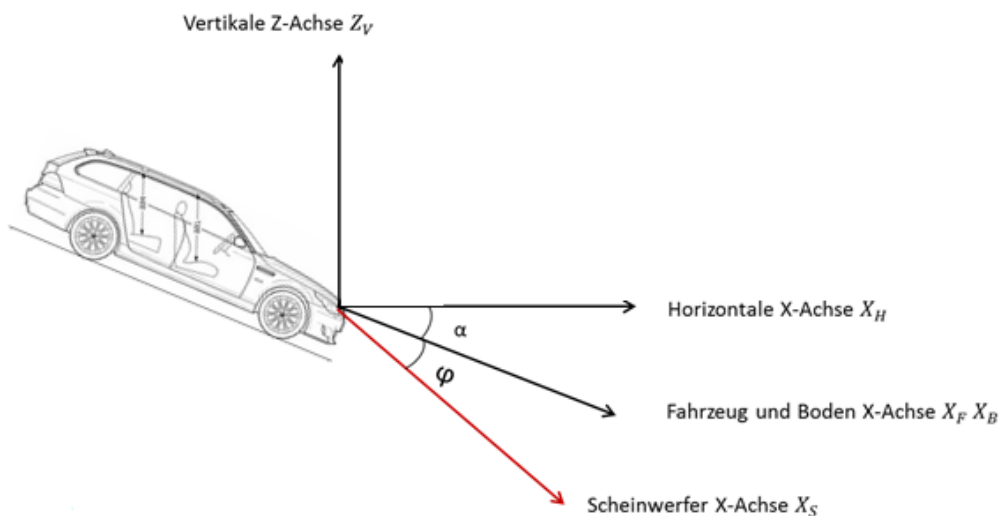


Abbildung 6 Die drei verwendeten Koordinaten Systeme

Um nun letztendlich die Neigung des Fahrzeuges zu erhalten, werden Höhenabstände bezüglich einer Referenz von allen vier Radaufstandspunkten bestimmt. Anschließend werden die gemessenen Höhenabstände seitenweise subtrahiert und mit Hilfe des Sinus Satzes der seitenweise Winkel bestimmt. Die beiden Winkel werden im Anschluss gemittelt. Der somit errechnete Winkel entspricht der Fahrzeugneigung in Bezug zum globalen Koordinaten System.

Als nächstes wird der Scheinwerfermittelpunkt bestimmt. Dieser wird mit Hilfe einer Lasereinrichtung bestehend aus 3 Komponenten anvisiert. Die Komponenten sind: ein Winkelmesser kalibriert auf den Horizont und zwei Lasern: einem Kreuzlaser und einem Punktlaser, die eine identische optische Achse aufweisen.

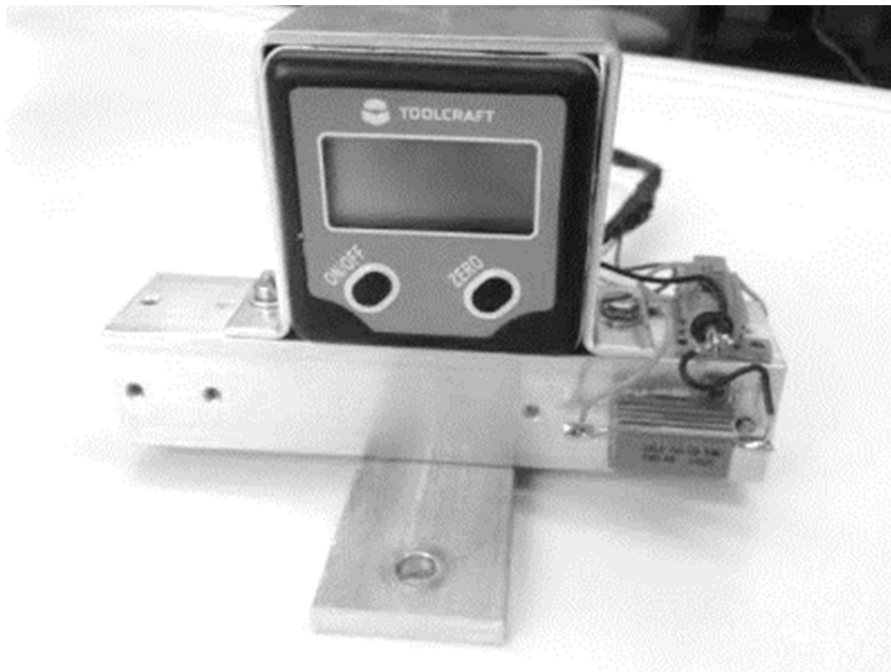


Abbildung 7 Lasereinrichtung im Original

Mit dem Winkelmesser wird der vorher berechnete Sollwinkel des Scheinwerfers ($\alpha + \phi$) auf die Lasereinrichtung übertragen. Mit dem Kreuzlaser wird der Scheinwerfermittelpunkt anvisiert und letztendlich mit dem Punktlaser wird die Lage des Bezugspunktes auf einen Messschirm projiziert.

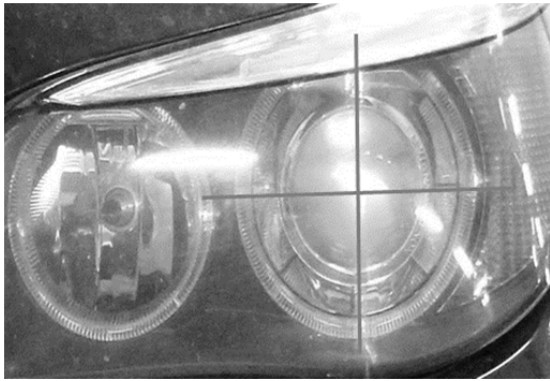


Abbildung 8 Anvisierung des Bezugspunktes mit dem Kreuzlaser

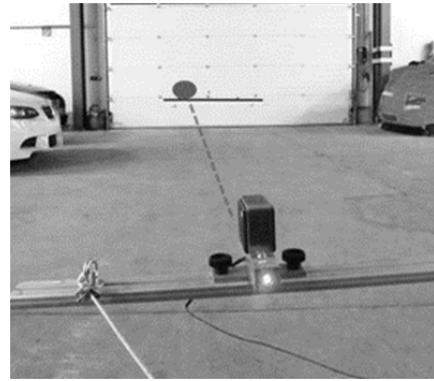


Abbildung 9 Projektion des Bezugspunktes auf den Messschirm

Als letzter Schritt muss noch die Richtung des Fahrzeuges in Betracht gezogen werden. Diese wird mit Hilfe eines Parallelogramms zwischen dem Gerät und der Front des Fahrzeuges bestimmt. Hierbei wird das Gerät durch zwei identisch lange Stahlseile mit zwei zur Fahrzeugmittellachse symmetrischen Punkten verbunden.

Zusätzlich wird die seitliche Neigung des Fahrzeuges durch einen Linienlaser auf das entwickelte Gerät übertragen.

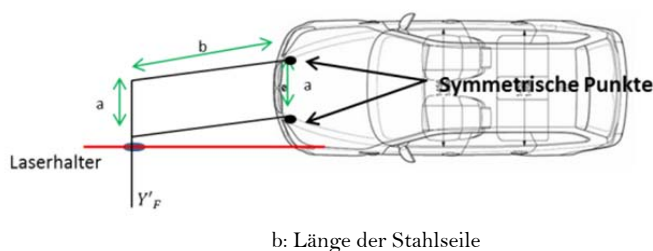


Abbildung 10 Links: Parallelogramm vor dem Fahrzeug, Rechts: Aufgebautes Gerät

5 Validierung und Restriktionen

Das entwickelte Gerät ermöglicht eine Scheinwerfereinstellung auf jeglichem Untergrund. Eine Einstellung kann in durchschnittlich 10 Minuten erfolgen, wobei sowohl die Bedienung als auch der Transport von nur einer Person durchgeführt werden kann.

Für Scheinwerfer mit einem Lichtstrom über 2000 lm ist eine automatische Leuchtweitenregelung (Abk.: LWR) vorgeschrieben [1]. Hierbei messen Sensoren an der Hinter- und Vorderachse den Abstand der Karosserie zur Radaufhängung, anschließend wird mit einem Aktor der Scheinwerfer entsprechend nachjustiert. Es gibt keine einheitliche Vorschrift über die Einbaulage sowie die Anzahl der Sensoren, die pro Achse verbaut werden. Somit entsteht bei Fahrzeugen mit einer automatischen LWR die Problematik, dass die Elektronik der LWR die Lage des Lichtstrahls auch auf unebenem Untergrund, bedingt durch das Einfedern des Fahrzeuges, verändert. Bei größeren achsweisen Bodenunebenheiten ist es unmöglich die Korrektur des Systems vorherzusagen, ohne Kenntnis über die Lage und Anzahl der Sensoren zu haben.

Zu Validierung wurde das Verfahren des Messschirms mit dem entwickeltem Gerät verglichen. Die Auswahl fiel auf das Messschirmverfahren, da es eines der am häufigsten angewandten Verfahren am FGLT ist und weil die Einstellung mit einem SEG strittig ist [3]. Als Verbesserung des Messschirmverfahrens wurden die Bodenunebenheiten mittels eines Nivellierungslasers berücksichtigt. Hierbei wurden wie oben beschrieben, der Winkel des Fahrzeuges bestimmt. Unter Berücksichtigung der Fahrzeugneigung (α) und des Nickwinkels (φ) wurde im Anschluss ermittelt, wie genau die Projektion der Bezugspunkte vom Messschirmverfahren, mit dem vom Gerät ermittelten übereinstimmt. Die Messungen zeigten, dass der vom Gerät ermittelte Sollpunkt des Bezugspunktes im Durchschnitt $0,1^\circ$ sowohl horizontal als auch vertikal neben den Markierungen des Messschirmverfahrens liegen. Somit liegen die Werte innerhalb der von der UN/ECE vorgegebenen Toleranz.

.

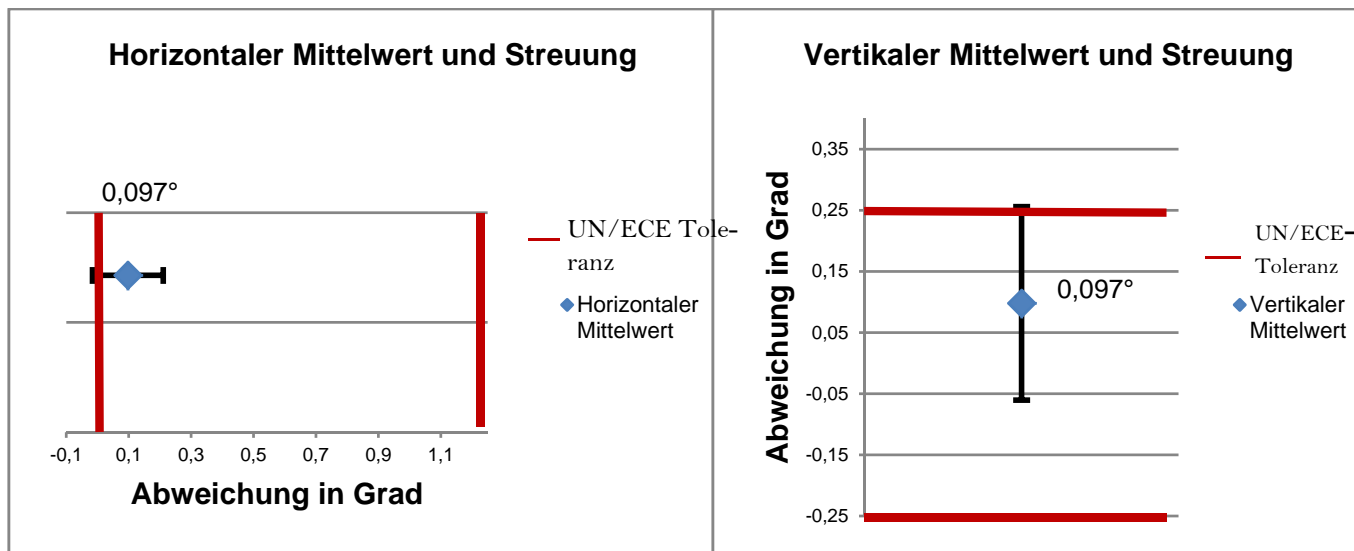


Abbildung 11: Vergleich mit Messschrimverfahren

6 Zusammenfassung

Wie schon im vorherigen Kapitel gezeigt, ist die automatische LWR als limitierender Faktor zur Scheinwerfereinstellung zu betrachten. Durch einen Praxistest, bei dem die achsweise Differenz millimetergenau variiert wurde, konnte der Einfluss der aLWR ermittelt werden. Die Zusammenfassung dieser Untersuchung ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Einstellbarkeit

Scheinwerfersystem	Höhendifferenz x zwischen linkem und rechtem Reifen	Einstellung möglich
Halogen	$x > 0 \text{ cm}$	Problemlos
Xenon & Led	$x \leq 2 \text{ cm}$	Problemlos
	$2 \text{ cm} \leq x \leq 2.5 \text{ cm}$	Innerhalb der UNECE-Toleranz
	$x > 2.5 \text{ cm}$	Nicht möglich

Aus der Tabelle ist eindeutig erkennbar, dass Halogenscheinwerfer auf jeglichem Untergrund eingestellt werden können. Bei Xenon und LED Systemen dagegen, ist auf die

Bodenbeschaffenheiten zu achten. Diese erlauben jedoch eine Einstellung der Scheinwerfer auf den meisten öffentlichen Straßen und liefern genauere Ergebnisse als die vorhandenen Systeme wie z.B. das SEG.

7 Quellen

[1]	<i>UN/ECE Regulation. No. 48, Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices, 2013.</i>
[2]	<i>ISO 10604, Road vehicles – Measurement equipment for orientation of head-lamp luminous beams, 1993.</i>
[3]	<i>Dekra.de (online), Scheinwerfereinstellgeräte: Toleranzen nicht erwünscht, 2012.</i>