

Das Beste aus zwei Welten – Kombination von Goniophotometrie und digitaler Bildverarbeitung

*C. Schwanengel, Franz Schmidt - TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH
Th. Reiners, C. Diem - LMT Lichtmesstechnik Berlin GmbH*

Zusammenfassung

Scheinwerfer unterliegen einem rasanten Fortschritt. Das betrifft nicht nur die verwendete Technik, sondern auch die eigentliche Aufgabe des Scheinwerfers in verschiedensten Verkehrssituation möglichst adäquat zu funktionieren, also einerseits die Sicht für den Fahrer optimal zu gestalten und andererseits andere Verkehrsteilnehmer nicht zu blenden.

Um bei den schnelleren Entwicklungszyklen für moderne Scheinwerfer die gesetzlichen aber auch kundenspezifischen Anforderungen zu erfüllen, reichen die herkömmlichen langsamen Einzelpunktbewertungen i.d.R. nicht aus. Es sind nicht nur genaue, sondern auch sehr viel schnellere und örtlich hoch aufgelöste Messsysteme notwendig.

1 Stand der Technik

Der technische Fortschritt, insbesondere der Einsatz von LED und damit die Möglichkeit energiesparend über viele Einzellichtquellen eine komplizierte Lichtverteilung zusammenzusetzen, lässt heutzutage auch sehr komplexe und variable Lichtverteilungen entstehen. Für die Erfassung dieser Lichtverteilungen sind verschiedene Messtechniken mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen auf dem Markt.

1.1 Messaufgabe und Anforderungen

Der Fortschritt bei der Scheinwerferentwicklung hängt unter anderem von einer effektiven Erfassung der lichttechnischen Parameter ab. Eine schnelle, hochaufgelöste und genaue Aufnahme der Daten bringt eine Steigerung des Messpensums für die Scheinwerferanalyse mit sich und beschleunigt dadurch auch die Entwicklungszyklen und Genehmigungsverfahren.

Die Schnelligkeit und Auflösung einer Messung sind somit neben der Genauigkeit der Messung die wichtigsten Eigenschaften einer Messtechnik. In bisherigen Realisierungen musste ein Kompromiss zwischen diesen Eigenschaften gefunden werden – d.h. zugunsten der Genauigkeit und Auflösung sehr viel Zeit verlieren oder auf Kosten der Genauigkeit sehr schnelle hochaufgelöste Messungen zu realisieren.

1.2 Leuchtenwender – Fernfeldgoniophotometer

Leuchtenwender oder auch Fernfeldgoniophotometer sind seit vielen Jahrzehnten auf dem Markt und zählen damit zu den etablierten Messverfahren in der Scheinwerferentwicklung.

Sie basieren auf Einzelsensoren, die bei akkuraten Systemen mit Partialfiltern (Genauigkeitsklasse L) ausgestattet sind. Bei entsprechend gestalteten Blendentubus können diese Geräte sehr hohe Kontraste in der Lichtverteilung erfassen, wodurch auch Messungen oberhalb der Hell-Dunkel-Grenze (HDG) zu sehr genauen Ergebnissen führen (LMT Berlin).

Je nach Messentfernung und Photometerkopfgröße wird eine unterschiedliche Winkelauflösung realisiert; i.d.R. bei 25 m Messentfernung und Messkopf mit 30 mm Durchmesser $0,07^\circ$ bei einer Winkelauflösung des Goniometers von $0,01^\circ$ in beiden Achsen. Die Messungen sind aufgrund der sequenziellen Datenerfassung entsprechend langsam und dauern für komplette Verteilungen je nach Auflösung Minuten bis Stunden. Bildverarbeitungsalgorithmen sind üblicher Weise nicht verfügbar, da häufig nicht komplette Bilder erfasst und somit auch nicht verarbeitet werden.



Abbildung 1: Goniophotometer GO-H (LMT Berlin)

1.3 BV-Raum – Indirekte Lichtstärkemesstechnik

Die indirekte Lichtstärkemesstechnik basierend auf Kamerabilddaten ist mittlerweile seit über einem Jahrzehnt als Messverfahren für Scheinwerferlichtverteilungen im Einsatz.

Ortsaufgelöste Systeme arbeiten Prinzip bedingt immer mit Vollfiltern, die bei akkuraten Systemen der Genauigkeitsklasse A entsprechen. Der Kamerasensor ist im Gegensatz zum Einzelsensor in der Lage mehrere Millionen Messpunkte mit einmal zu erfassen. Die gleichzeitige Datenerfassung vieler Punkte limitiert dabei den real messbaren Kontrast, wodurch die Messpunkte oberhalb der HDG entsprechend ungenauer erfasst werden.

Digitale Bildverarbeitung mit einer Leuchtdichtemesskamera ist schnell und stellt eine hochaufgelöste Lichtverteilung in Sekunden zur Verfügung. Je nach realisiertem Objektfeld werden auch hier unterschiedliche Winkelauflösungen realisiert; z.B. bei $\pm 17^\circ$ horizontalem Erfassungsbereich und Standardauflösung der Kamera $0,02^\circ$ bei einer Winkelauflösung (Positionierauflösung in der Ergebnislichtverteilung) von $0,01^\circ$. Außerdem gibt es verschiedenste Bildverarbeitungsmöglichkeiten wie etwa eine automatische Knickpunktfindung, Maximum- oder Schwerpunktdetektion und viele mehr.

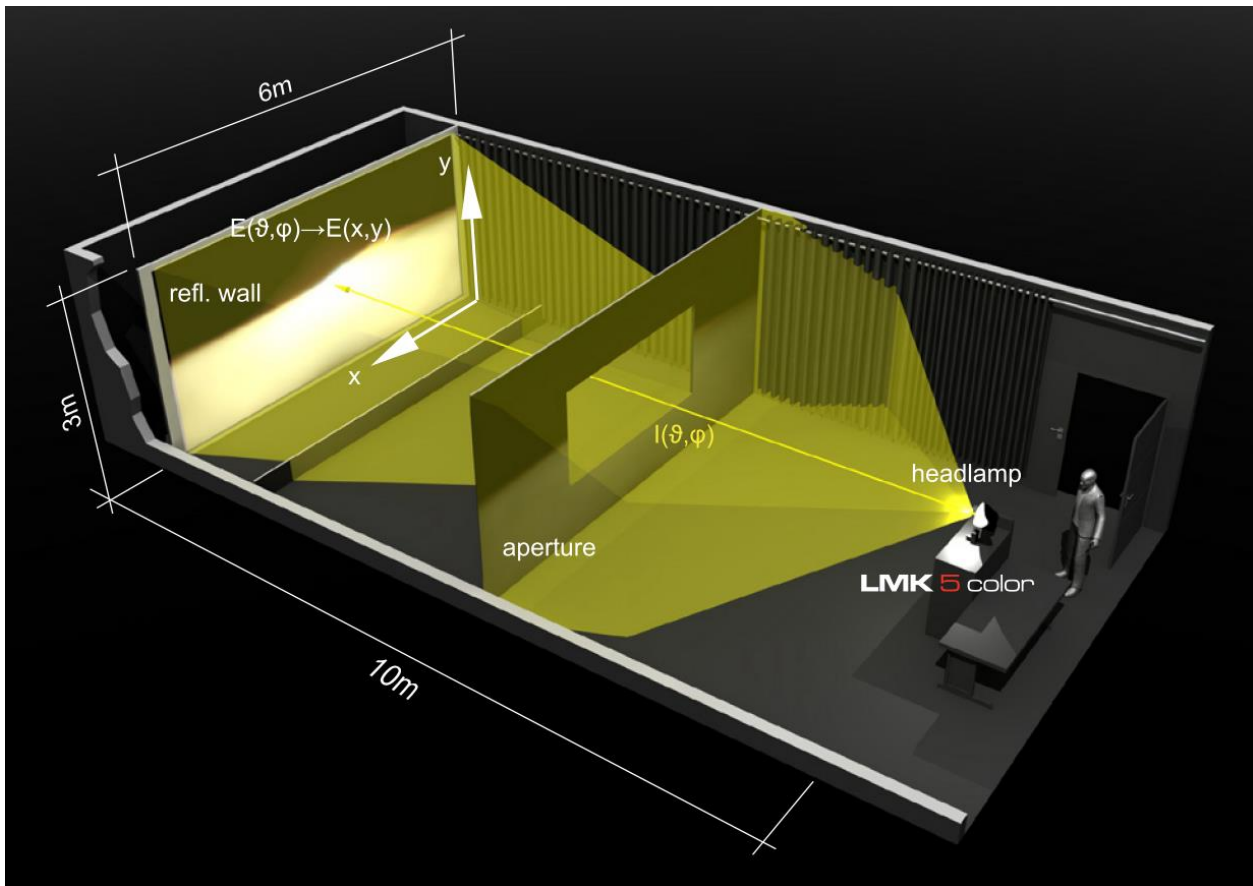


Abbildung 2: BV-Raum – kamerabasierte indirekte LVK-Messtechnik (TechnoTeam)

Für den Einsatz in einem solchem Messraum benötigt man eine speziell angepasste Leuchtdichtekamera - LMK. Die Modelle, die hier zur Anwendung kommen, haben neben kontrastoptimierter Hardware auch zusätzliche Kalibrierdaten, die das Streulicht in den Systemen reduziert und somit kontrastreichere Messungen ermöglicht.

2 Kombination Goniophotometrie und digitale Bildverarbeitung

Ziel für den Kunden ist eine Kombination der hohen Auflösung und Geschwindigkeit der Kameramesstechnik mit der Positionierfreiheit und Genauigkeit eines Goniometers.

Im Folgenden wird demonstriert wie eine intelligente Kombination der digitalen Bildverarbeitung zusammen mit Standardgoniophotometrie die Messung und Entwicklungszeit verkürzt ohne die Datenqualität zu gefährden.

Während die Kamera in Kombination mit einer Reflexionswand die Daten mit mehr als 1 Mill. Pixel in einer Aufnahme erfasst, stellt das Photometer eine unschlagbare Genauigkeit mit der besseren spektralen $V(\lambda)$ Anpassung und der hohen Dynamik zur Verfügung. Durch Einsatz des Goniometers ist es außerdem möglich, die Limitierung des fixen Kameraaufbaus in Zusammenhang mit der Messwandgröße aufzuheben und durch Mehrfachaufnahme und Zusammensetzung schnell eine Gesamtlichtverteilung zu erhalten.

Basierend auf einem realen Laborbeispiel wird gezeigt wie die Kamera-Goniometer-Kombination hohe Genauigkeit, verkürzte Messzeit und beschleunigte Scheinwerferanalyse in modernen Goniometerlaboren sichert.

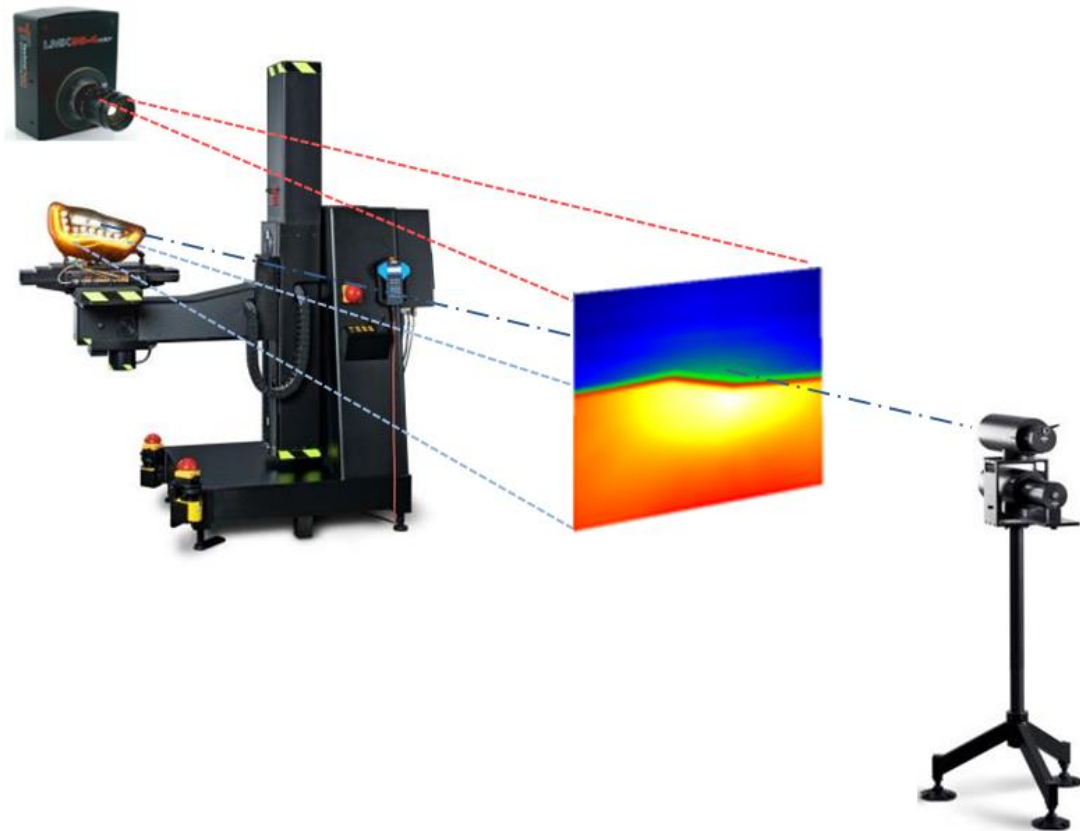


Abbildung 3: Schema kombinierter Goniometer-BV-Raum

2.1 Beispiellabor

Abbildung 4 zeigt ein Beispiel eines solchen Labors im Grundriss. Zur Verwendung eines Labors als kombinierter Goniometer-BV-Raum ist der Raum im Vergleich zum reinen Goniometerraum zu modifizieren. Die Messwand ist homogen, diffus und spektral neutral zu gestalten und das Streu- und Falschlicht, welches im Raum selbst vorhanden ist, muss durch konstruktive Maßnahmen reduziert werden, d.h. der Raum muss im Wesentlichen schwarz gestaltet und mit einigen Blenden versehen werden.

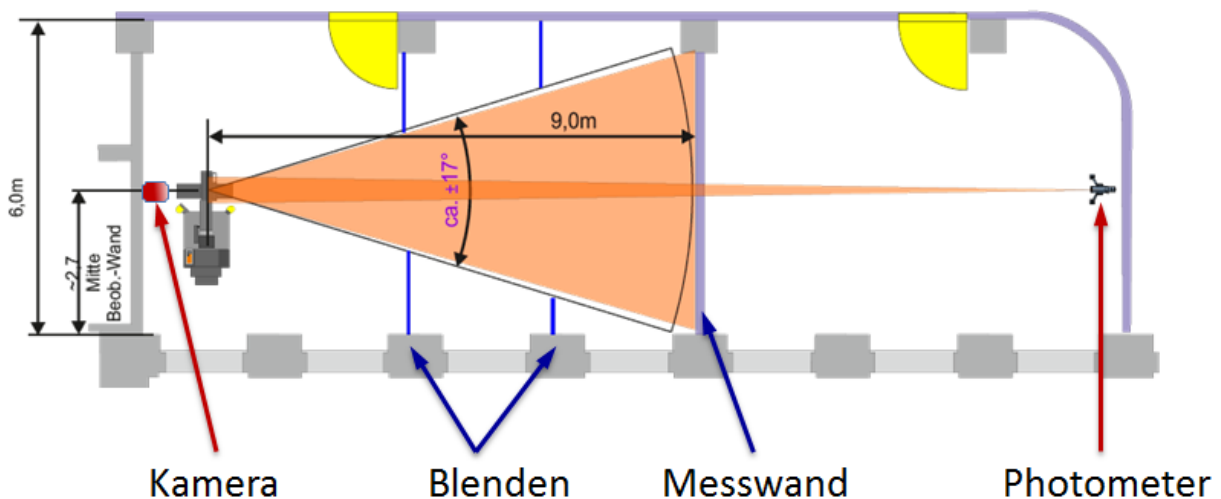


Abbildung 4: Grundriss eines kombinierten Goniometer-BV-Raums

2.2 Ablauf der Messung

Zuerst erfolgt wahlweise die typische visuelle Ausrichtung über Hilfslinien an der Messwand. Diese sind in diesem Fall durch Laserlinien realisiert, die zur Messung ausgeschaltet werden, so dass auch an diesen Stellen auf der Messwand Messwerte gewonnen werden können. Alternativ können die Scheinwerfer lediglich grob ausgerichtet werden und die Bildverarbeitungsalgorithmen der LMK finden den Knickpunkt automatisch und liefern die Koordinate an das Goniometer, welches den Scheinwerfer dann automatisch richtig ausrichten kann.

Die mit der LMK gewonnenen Leuchtdichtedaten werden hierbei automatisch in eine Lichtstärkeverteilung im Koordinatensystem des Messobjektes (Kugelkoordinaten) umgerechnet.

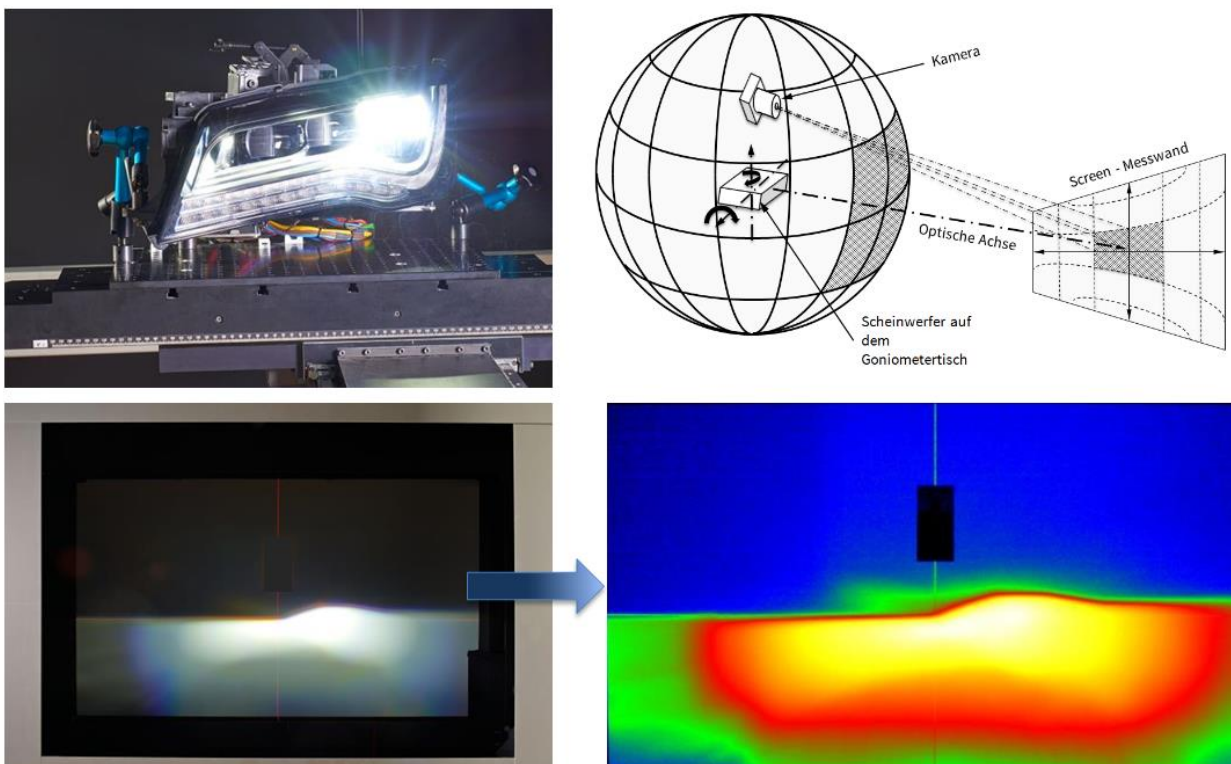


Abbildung 5: Messobjekt mit zugehörigem Lichtbild auf der Messwand und LVK

2.3 Verkürzung der Einbrennzeit

Gerade bei LEDs muss für zeitintensive Goniometermessungen die Stabilisierung der Lichtquelle abgewartet werden, da sonst über die Dauer der Datenerfassung eine Änderung der Lichtverteilung stattfindet. Mit der sekundenschnellen Datenerfassung der LMK ist schon nach sehr viel kürzerer Einbrennzeit eine Aufnahme der Lichtverteilung möglich, welche über zuvor erfasste Faktoren einfach auf den Einbrennendwert gefittet werden kann. Die so normaler Weise übliche Einbrennzeit, die je nach Messobjekt bis zu 30 Minuten betragen kann, kann so deutlich reduziert werden, was neben der Messzeitverkürzung eine weitere wesentliche Zeitersparnis darstellt.

2.4 Mehrfachaufnahme

Durch die Bewegungsfreiheiten des Goniometers können problemlos mehrere Segmente der Lichtverteilung mit der Kamera über die Messwand erfasst und anschließend zu einer hochaufgelösten LVK zusammen gesetzt werden. In der Gesamt-LVK können dann sämtliche weiteren Auswertungen erfolgen. Nachfolgend ist das am Beispiel einer 3-fach-Aufnahme dargestellt.

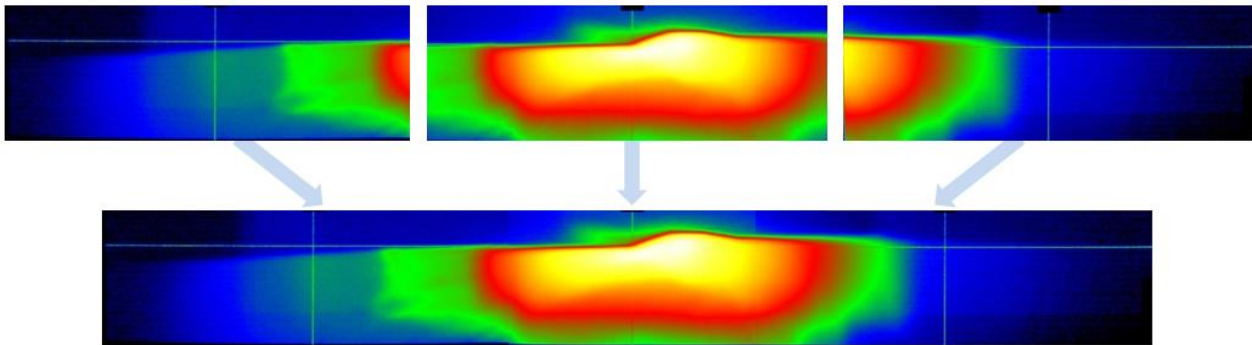


Abbildung 6: Zusammensetzen mehrerer LVK-Segmente

3 Abschließender Überblick

Die Goniophotometrie und digitale Bildverarbeitung gemeinsam bieten die Kombination der Vorteile der beiden Messtechniken und darüber hinaus auch Möglichkeiten, wie z.B. die schnelle Mehrfachaufnahme, die keine der Messtechniken für sich allein bietet.

Vorteile im Überblick:

- LVK-Messung in Sekunden
- Monitoring der gesamten Lichtverteilung
- Verkürzung der Einbrennzeit
- Für sensible Messpunkte 25 m Photometerdaten
- Einzelwerte bis hin zur hochaufgelösten Gesamt-LVK
- Hohe Kontraste (1:20000)
- Hohe photometrische Auflösung ($0,01^\circ$)
- Geometrische Informationen (Knickpunkt, HDG, Segmentanalyse)
- Ortsaufgelöste photometrische Informationen (Homogenität, Bildverarbeitung)

Literaturverzeichnis

LMT Berlin. (30. 06 2016). *LMT Berlin*. Abgerufen am 30. 06 2016 von <http://www.lmt-berlin.de/de/goh1300.html>

TechnoTeam. (30. 06 2016). *TechnoTeam*. Abgerufen am 30. 06 2016 von http://www.technoteam.de/produktuebersicht/lmk/produkte/bv_raum/index_ger.html