

## Lagekorrektur für Messungen mit dem Leuchtenwender LGS 1000

Dr. Đenan Konjhodžić

### ZUSAMMENFASSUNG

Diese Applikationsschrift stellt die Implementierung der Hilfsphotometer-Methode nach dem neuen Standard CIE S025 auf dem Leuchtenwender LGS 1000 vor und validiert die korrigierten Daten für verschiedene Arten von Lichtquellen. Zum Vergleich werden die Ergebnisse des Prüflings gemessen in seiner empfohlenen Brennlage herangezogen. Darauf basierend werden Empfehlungen für geeignete Anwendung der Lagekorrektur gegeben, um normgerechte Messverfahren für verschiedene Lichtquellen durchzuführen.

### 1. Einleitung

Goniophotometer werden normalerweise für die Bestimmung der Lichtstärkeverteilungen eingesetzt, sowie zur Messung des Gesamtlichtstroms durch geeignete numerische Integration dieser Verteilungen. Ein Leuchtenwender, wie das LGS 1000 von Instrument Systems, stellt die praktischste, platzsparende und preiswerteste Ausführung eines Goniophotometers dar. Aber, wie der Name schon sagt, werden während der Messung die Leuchten um die Achsen C und y gedreht, ändern also ihre Brennlage. Dies könnte ein Problem bei der Vermessung von lagesensitiven Lichtquellen darstellen.



*Abbildung 1: Leuchtenwender LGS 1000 (links) und Streulichttubus mit dem Detektor (Photometerkopf oder EOP) auf einem Ständer (rechts).*

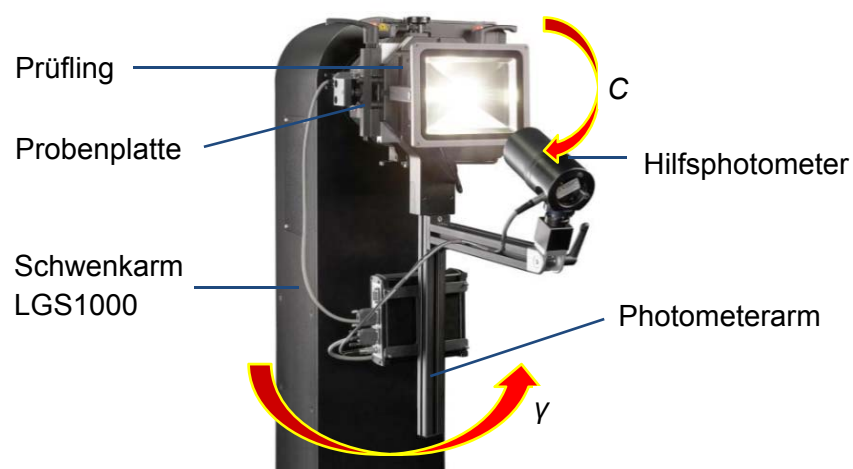
Die LEDs, die in Solid State Lighting (SSL) Lichtquellen enthalten sind, sind als Halbleiterlichtquellen eigentlich unempfindlich gegenüber Lageänderungen. Die passiven Kühlkörper von SSL-Quellen sind aber in der Regel für die Betriebslage der vorgesehenen Anwendung optimiert. Die konvektive Luftströmung durch die Kühlrippen gewährleistet die benötigte Kühlleistung und damit die angestrebte Betriebstemperatur der LEDs. Eine Störung der Luftkonvektion, z.B. durch Betreiben der Lichtquelle in einer anderen Brennlage als vom Hersteller angegeben, kann die optischen Eigenschaften der Leuchte ändern. In einem solchem Fall ist die Korrektur der goniophotometrischen Messung notwendig.

Der neue und erste internationale Standard CIE S025 [1] bzw. sein Europäisches Pendant EN 13032-4:2015 [2] erlauben prinzipiell goniophotometrische Messungen, die in einer anderen als der spezifizierten Brennlage durchgeführt werden. Um den Anforderungen der Norm gerecht zu werden, muss eine geeignete Lagekorrektur durchgeführt werden, z.B. mit der Hilfsphotometer-Methode. Basierend auf dieser Methode bietet Instrument Systems eine Gesamtlösung für das LGS 1000 an, die im Folgenden näher beschrieben wird.

## 2. Durchführung einer Lagekorrektur

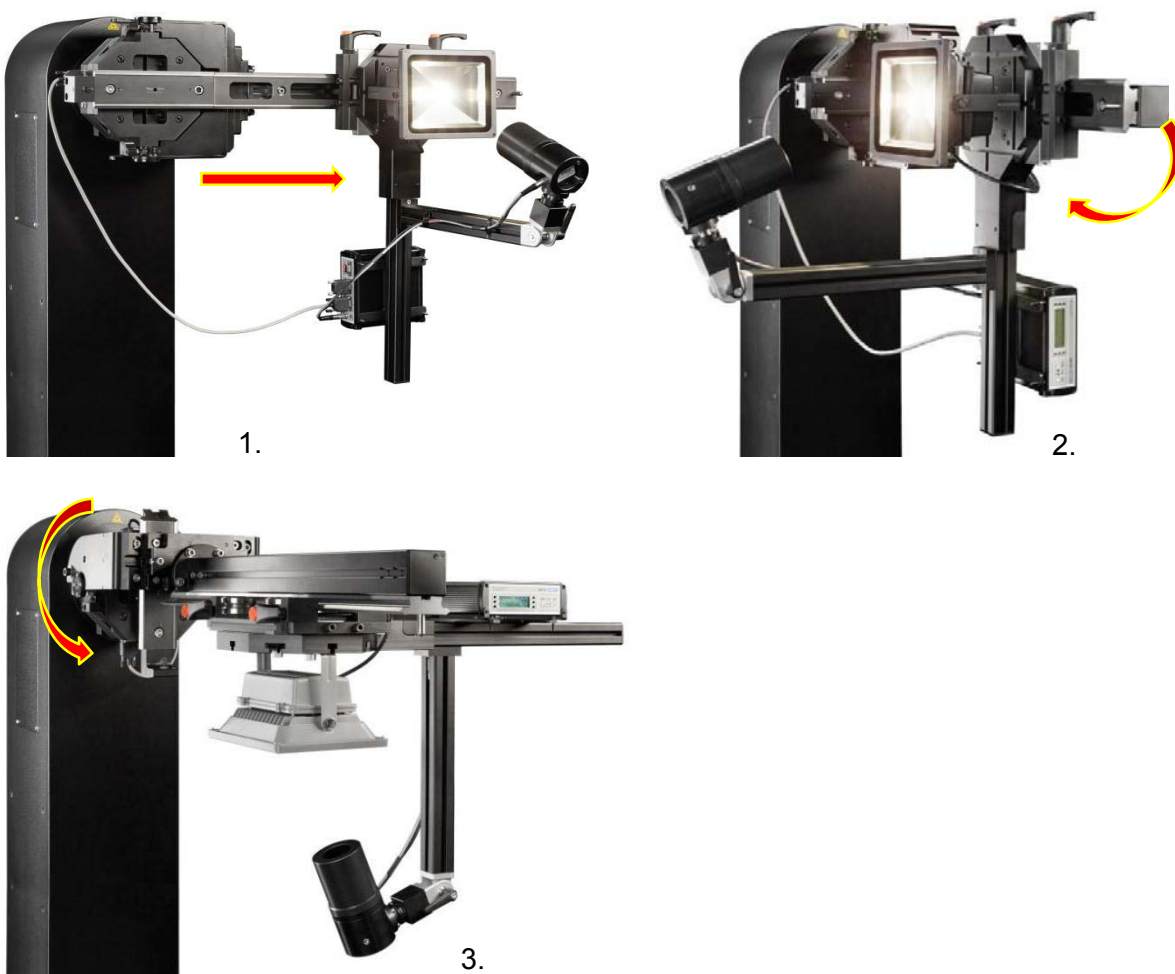
Das grundlegende Konzept der Hilfsphotometer-Methode ist die Überwachung des relativen Photostroms der Lichtquelle an einer festen Stelle, während diese ihre Orientierung im Raum ändert. Der gemessene Wert in jeder Stellung, gewichtet mit der Referenz in der spezifizierten Betriebslage, dient als Korrekturfaktor für die eigentliche Messung mit dem Leuchtenwender.

In der praktischen Ausführung wird zunächst nur eine zusätzliche Probenplatte am LGS 1000 befestigt, der Prüfling justiert und eingebrannt und eine gewöhnliche Sequenz mit dem Leuchtenwender durchgeführt. Der Vorteil der zusätzlichen Probenplatte ist, dass anschließend an die Sequenzmessung eine Lagekorrektur, ohne großen Umbau und ohne den Prüfling erneut einbrennen zu müssen, durchgeführt werden kann. Es wird lediglich der Photometerarm samt Hilfsphotometer angebracht und angeschlossen. Ein Software-Wizard führt durch den ganzen Prozess der Erstellung einer Lagekorrektur-Datei durch. Zunächst wird die Vorrichtung in die Home-Position für eine Sequenzmessung gebracht. Im ersten Korrekturschritt wird die gleiche Sequenz durchgeführt, wie bei der Messung zuvor (Abbildung 2). Auch wenn die vorige Messung mit einem Spektralradiometer durchgeführt wurde, wird die Aufnahme der Korrekturdatei mit dem Hilfsphotometer kontinuierlich aufgenommen, wichtig ist nur dass die gleichen Winkelpositionen mitgeloggt werden. Die für die Lagekorrektur zusätzlich benötigte Messzeit wird dadurch minimiert.



**Abbildung 2: Anbringen eines Hilfsphotometers für die Durchführung des ersten Korrekturschritts.**

Im zweiten Korrekturschritt wird der Prüfling in die vom Hersteller vorgesehene Brennlage positioniert, um den Referenzwert mit dem Hilfsphotometer aufzunehmen (Abbildung 3). Dazu wird ein Ausleger an die Probenplatte befestigt und die Probe im eingeschalteten Zustand kann entlang der Auslegerschiene gleiten. Im ausreichenden Abstand wird der Schlitten festgeklemmt und der Ausleger um  $90^\circ$  zur C-Achse geschwenkt und befestigt. Anschließend kann der Prüfling mit Hilfe der motorisierten C-Achse in die vorgesehene Brennlage gedreht werden. Dabei kann der Anwender die gewünschte Brennlage durch Eingabe eines Winkels vorgeben. Nach ausreichender Stabilisierungszeit wird der Referenzwert aufgenommen. Dieser Schritt komplettiert die Ermittlung der erforderlichen Korrekturfaktoren und die erstellte Lagekorrekturdatei kann gespeichert werden. Die Lagekorrekturdatei kann dann auf die zuvor aufgezeichnete Sequenzmessung mit dem Leuchtenwender angewandt werden, wodurch die Werte für das photometrische Integral (oder Lichtstärke) mit dem jeweiligen Korrekturfaktor multipliziert werden. Auch der Lichtstrom als Integralsumme ändert sich entsprechend. Die Lagekorrektur-Datei kann auch auf andere, gleichartige Prüflinge angewandt werden, was wertvolle Messzeit spart.



**Abbildung 3: Mit Hilfe eines Auslegers wird der Prüfling in die vorgesehene Brennlage positioniert und der Referenzwert für die Lagekorrektur wird aufgenommen.**

### 3. Messvergleich

Um herauszufinden, wann eine Lagekorrektur sinnvoll erscheint, wurden Lichtstrommessungen verschiedener Lichtquellen mit dem sogenannten Lichtstromintegrator, bei dem die Quelle ihre Brennweite nicht ändert, den Messergebnissen mit dem Leuchtenwender, bei dem die Quelle ihre Lage ändert, gegenübergestellt (Tabelle 1). Die Messergebnisse des Lichtstromintegrators mit dem Photometer als Detektor dienen hierbei als Bezugswerte für die Berechnung prozentualer Abweichungen mit dem Leuchtenwender.

Da die Messabweichungen für alle untersuchten SSL-Downlights und ein LED-Modul mit eingebautem Kühler mit 1-2 % sehr niedrig sind und deutlich innerhalb typischer Messunsicherheiten für die jeweiligen Systeme liegen, kann nicht auf eine Abhängigkeit von der Brennweite geschlossen werden. Die meisten Anwender haben jedoch keine Möglichkeit so umfangreiche Vergleichsmessungen durchzuführen. Daher bietet sich eine schnelle Messung einer Lagekorrekturdatei als Nachweis für keine oder vernachlässigbare Lageabhängigkeit an. Mit diesem Nachweis und der Berücksichtigung des Lageeinflusses im Messunsicherheitsbudget führt man also auch mit einem Leuchtenwender eine nach CIE S025 normkonforme Messung durch.

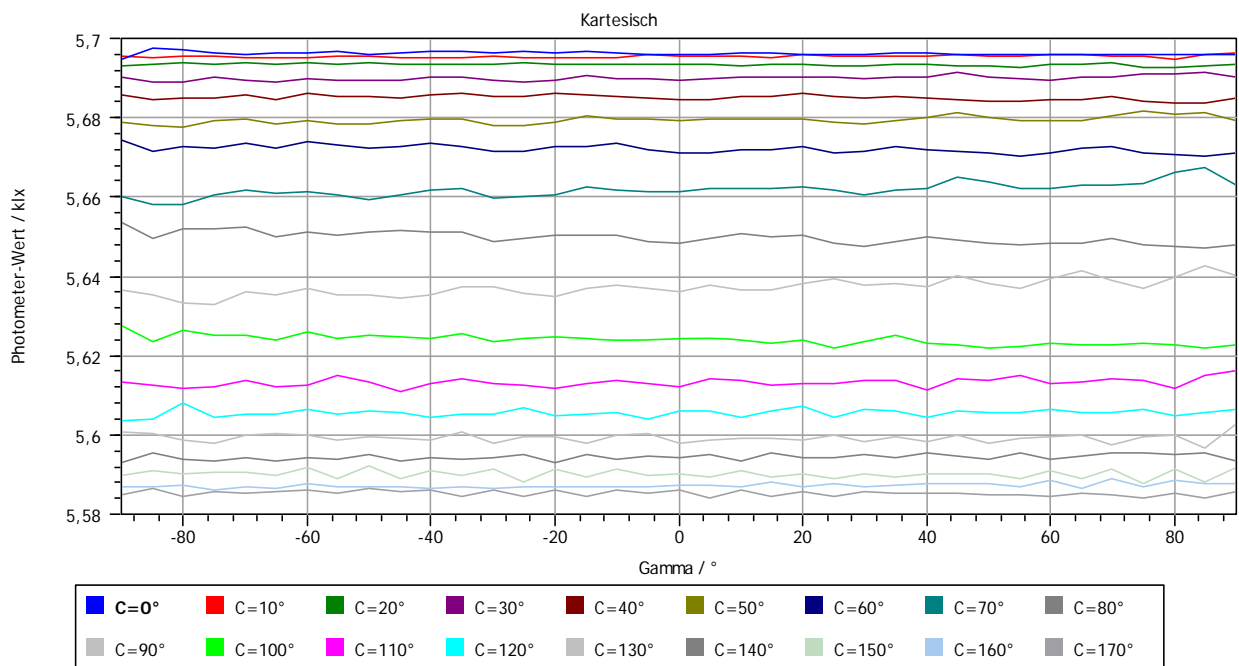
Für die beiden anderen Lichtquellen 30W LED-Floodlight und 300W Halogenlampe Sun lamp lohnt sich eine Lagekorrekturdatei anzuwenden, um die Messunsicherheiten aufgrund der Lageabhängigkeit zu reduzieren.

**Tabelle 1: Vergleich der Lichtströme gemessen mit dem Lichtstromintegrator und dem Leuchtenwender für verschiedene Lichtquellen [3].**

Lichtquelle	Abstrahlwinkel	$\Phi_v$ [lm] Lichtstromintegrator	$\Phi_v$ [lm] Leuchtenwender	
SSL-Downlight 1	97°	798,0	806,9	1,1%
SSL-Downlight 2	80°	665,3	671,9	1,0%
SSL-Downlight 3	52°	1834	1878	2,4%
SSL-Downlight 4	29°	403,0	409,4	1,6%
LED-Modul mit Kühler	104°	1167	1178	0,9%
LED-Floodlight	103°	1697	1743	2,7%
Sun lamp (Halogen)	32°	4150	4021	-3,1%

### 4. Anwendung der Lagekorrektur

Für alle genannten Lichtquellen wurde eine Lagekorrekturdatei, wie im Kapitel 2 beschrieben, aufgenommen. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für die Messung der Lagekorrektur. Der Softwareroutine folgend werden zuerst die einzelnen C-Schnitte mit genau gleichen Einstellungen wie bei der Messung mit dem Leuchtenwender vermessen. Im Anschluss daran wurde die Leuchte in die Betriebslage gebracht und der Referenzwert nach der Stabilisierungsphase gemessen. Dieser wird erst bei der Anwendung des Korrekturfiles auf die zu korrigierende Messung mit den C-Schnitten verrechnet und trägt bei lageabhängigen Lichtquellen den größten Beitrag zur Lagekorrektur bei.



**Abbildung 4: Beispiel einer Lagekorrekturdatei dargestellt in kartesischen Koordinaten.**

Während eines Scans (ein C-Schnitt) mit dem Hilfsphotometer der Lagekorrektur misst man praktisch vernachlässigbare Oszillationen. Die einzelnen Schnitte weisen jedoch untereinander eine Abweichung bis zu 2% für LED-Floodlight bzw. 3% für die Heimsonne (Sun lamp), die von der Lampe herrühren (Abbildung 5). Die SSL-Downlights zeigen erwartungsgemäß eine vernachlässigbare Abweichung unter 1%. Es ist nicht verwunderlich, dass die Rotation der Downlights um die C-Achse während der Messung mit dem Leuchtenwender keine Änderung des Lichtstroms verursacht, da die Rippen am Kühlkörper symmetrisch um die Leuchte angeordnet sind. Auch das LED-Modul mit Kühler ist wegen aktiver Kühlung erwartungsgemäß nicht lageabhängig. Auf die Lagekorrektur der C-Schnitte könnte man aus messtechnischer Sicht für diese Quellen verzichten, dies ist jedoch von der Norm CIE S025 gefordert und der Anwender muss in der Lage sein alle Messschritte korrigieren zu können.

**Tabelle 2: Anwendung der Lagekorrektur auf die Messungen mit dem Leuchtenwender.**

	$\Phi_v$ [lm] Leuchtenwender		$\Phi_v$ [lm] Leuchtenwender lagekorrigiert	
	Wert	Abw.	Wert	Abw.
<b>LED-Floodlight</b>	1743	2,7%	1702	0,3%
<b>Sun lamp</b>	4021	-3,1%	4111	-0,9%
<b>SSL-Downlight 1 bei 222 V</b>	765,9	-4,0%	805,6	1,0%
<b>SSL-Downlight 1 bei 215 V</b>	721,8	-9,5%	805,8	1,0%
<b>SSL-Downlight 1 bei 200 V</b>	650,9	-18,4%	806,9	1,1%
<b>SSL-Downlight 1 bei 185 V</b>	588,7	-26,2%	799,8	0,2%

Nach der Anwendung der Lagekorrektur auf die Messungen von 30W LED-Floodlight und der 300W Halogenlampe mit Gasgemisch, welche die Sonne simuliert, verbessern sich die korrigierten Lichtströme im Vergleich zum Lichtstromintegrator und betragen für LED-Floodlight nur noch 0,3% und für die Sun lamp -0,9% Abweichung (siehe Tabelle 2). Ein Grund für die Lageabhängigkeit von

LED-Floodlight könnte die Anordnung der Kühlrippen am Kühlkörper sein, die parallel in eine Richtung verlaufen und bei Drehung am Leuchtenwender zu leicht unterschiedlichen Kühlverhältnissen führen können. Bei der Sun lamp kann die Drehung zur Bewegung des Gasgemisches innerhalb der Lampe und dadurch zur Messabweichung führen.

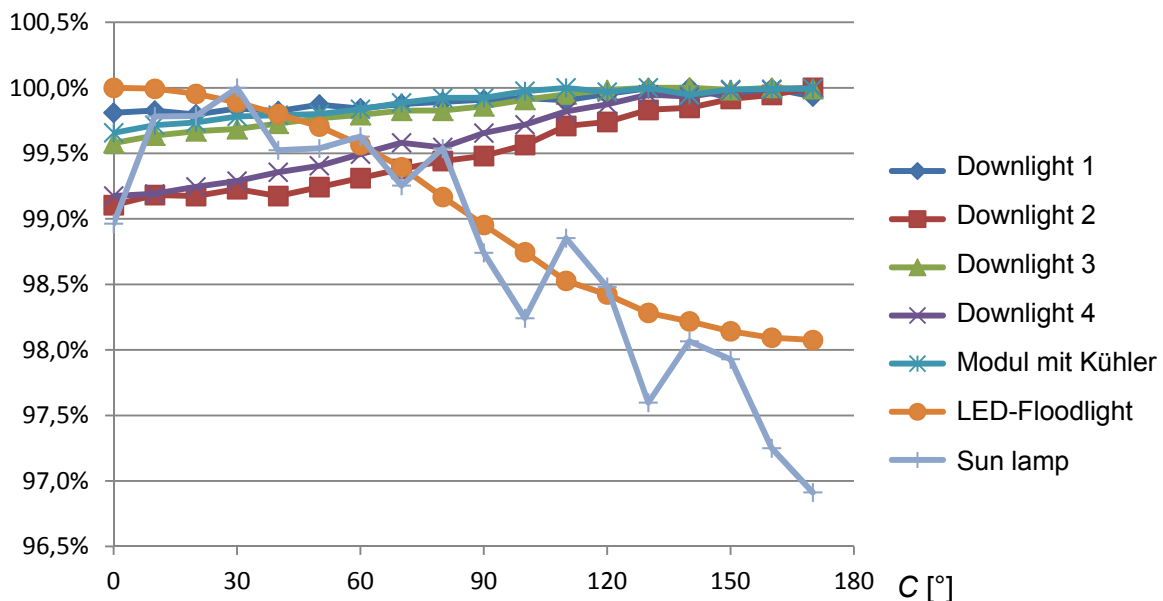


Abbildung 5: Relative Abweichung einzelner C-Schnitte über den Winkel C bei  $\gamma=0^\circ$ .

## 5. Induzierte Lageabhängigkeit

Die beobachteten Effekte sind teilweise noch innerhalb der typischen Messunsicherheiten und die Lageabhängigkeit des Prüflings sollte höher sein, um zu zeigen, dass die Lagekorrektur auch dann erfolgreich angewandt werden kann. Da ein SSL-Downlight mit einer entsprechend hohen Lageabhängigkeit nicht zur Verfügung stand, wurde diese künstlich herbeigeführt. Das SSL-Downlight 1 wurde bei niedrigeren Betriebsspannungen (222, 215, 200 und 185 V) mit dem Leuchtenwender vermessen, was natürlicherweise zu niedrigeren Lichtströmen führt (Tabelle 2). Für die anschließende Lagekorrektur wurde der Referenzwert in der Normbrennlage bei nominalen 230 V nach ausreichender Einbrennzeit aufgenommen. Nach jeweiliger Anwendung der Lagekorrektur wurden die hohen Abweichungen zur Messung mit dem Lichtstromintegrator zwischen -4% bis -26% wieder auf etwa 1% korrigiert. Somit können auch Lichtquellen, die eventuell eine große Lageabhängigkeit aufweisen, mit dem Leuchtenwender vermessen und anschließend normkonform nach CIE S025 lagekorrigiert werden.

## 6. Fazit

Die Anwendung einer Lagekorrektur mit der Hilfsphotometer-Methode ermöglicht CIE S025 konforme goniophotometrische Messungen auch für Lichtquellen mit hoher Lageabhängigkeit. Falls eine Lagekorrektur nicht sinnvoll erscheint, kann mit der Messung ein einfacher Nachweis für die Lageunabhängigkeit erbracht werden und die Messunsicherheit im Budget verringert werden.

## Literatur

- [1] CIE S 025/E:2015, *Test Method for LED Lamps, LED Luminaires, and LED Modules*, CIE Vienna 2015.
- [2] EN 13032-4:2015, *Light and lighting. Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires. LED lamps, modules and luminaires*.
- [3] Konjhodzic D., *Goniophotometrie und -spektralradiometrie für SSL-Lichtquellen*, LICHT 03/2015, 73–77.