

## LED Beleuchtung - Fehlerbetrachtung bei der Beleuchtungsstärkemessung

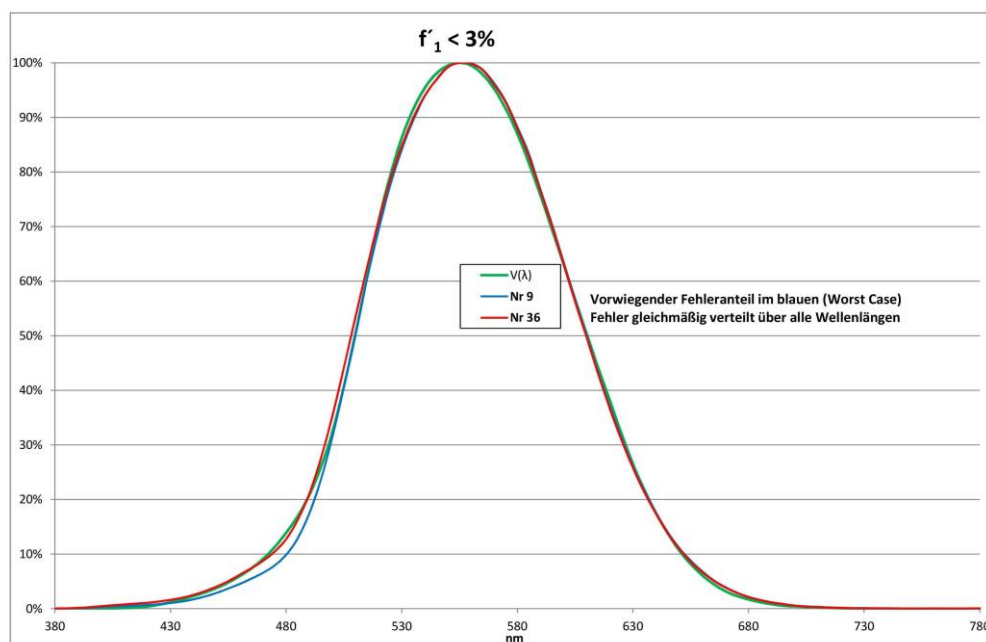
Bei einem Beleuchtungsstärkemessgerät ist eines der wichtigsten Eigenschaften die Anpassung an die Augenempfindlichkeit  $V(\lambda)$ .  $V(\lambda)$  ist der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad des menschlichen Auges für Tagessehen und in DIN 5031 definiert. Die erforderliche Anpassung wird durch ein optisches Filter erreicht, dessen Qualität die Klassengenauigkeit prägt. Zulässige Abweichungen sind in DIN 5032 bzw. DIN EN 13032 für die einzelnen Klassen vorgegeben.

Die zulässigen Abweichungen bei der  $V(\lambda)$ - Anpassung sind auf Lichtart A (Glühlampenlicht mit 2856K) bezogen. Bei Lampen mit extrem diskontinuierlichem Spektrum oder mit sehr schmalbandigem Spektrum können die Fehler signifikant größer sein. Typische Lampen mit diesen Spektren sind LED's.

Bei LED's wird das weiße Licht entweder aus einer blauen LED mit Konversionsschicht (meist Phosphor) oder nach dem RGB Prinzip aus je einer roten, grünen und blauen LED erzeugt. Bei beiden Verfahren liegen große Spektralanteile auf der steigenden oder fallenden Flanke des spektralen Hellempfindlichkeitsgrads des menschlichen Auges für Tagessehen  $V(\lambda)$ . Die Qualität der  $V(\lambda)$  Anpassung kommt besonders in diesen Bereichen zum Tragen, weshalb der Einsatz von präziseren, klassifizierten Geräten der Klasse B nach DIN 5032-7 bzw. DIN EN 13032-1 empfohlen wird.

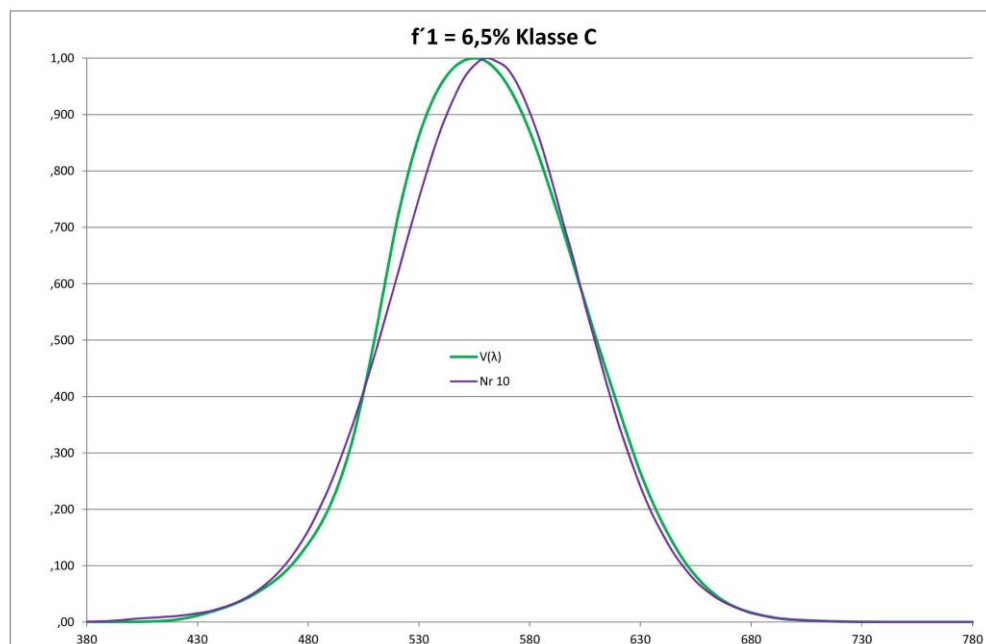
Bei der Untersuchung von Beleuchtungsstärkemessern der Klasse B und C mit Messungen an weißen und einfarbigen LED's sieht man wie wichtig der Fehler  $f'_1$  für die Genauigkeit des Messergebnisses ist.

Im folgendem wurden verschiedene weiße und farbige LED's mit den hochwertigen Filterungen von GOSSEN für Beleuchtungsstärkemesser untersucht. Für diese Betrachtung wurden zwei typische Filterungen mit einem  $f'_1$  von <3% das entspricht der Klasse A und eine dritte mit einem Fehler  $f'_1$  von 6,5% entsprechend der Klasse C herangezogen.



Bei den Filtern mit der Nr. 9 und der Nr. 36 ist der Fehler  $f'_1$  in beiden Fällen  $<3\%$ . Der Fehler  $f'_1$  entspricht der Summe der Flächen die von der  $V(\lambda)$  Kurve abweichen im Verhältnis zu der der Gesamt-Fläche unter der  $V(\lambda)$  Kurve. Wobei bei dem Filter mit der Nr. 9 der Fehler fast nur im blauen Bereich von 400 nm bis ca. 500 nm auftritt und bei dem Filter mit der Nr. 36 der Fehler gleichmäßig über den gesamten Wellenlängenbereich verteilt ist. Bei den GOSSEN Filtern der Klasse B(A) können alle Varianten zwischen diesen beiden Extremen auftreten.

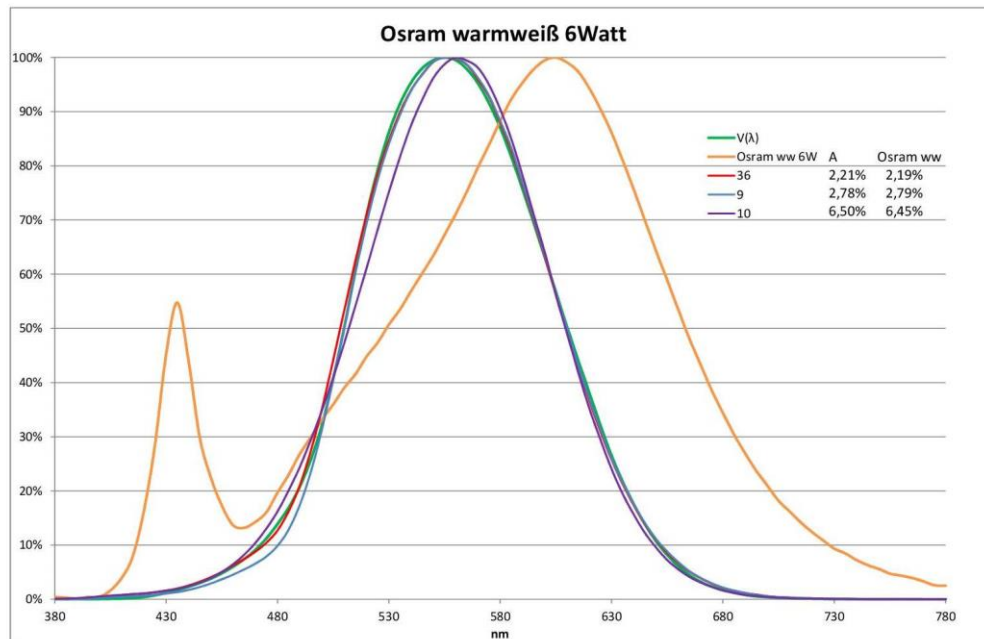
Bei dem Filter mit der Nr. 10 handelt es sich um ein typisches Filter für ein Klasse C Messgerät. Wie man sieht sind die Abweichungen von der  $V(\lambda)$ -Kurve wieder relativ gleichmäßig über den gesamten Wellenlängenbereich verteilt jedoch insgesamt größer.



Wenn man jetzt mit diesen Empfängern verschiedene LED's misst kommt man zu folgenden Ergebnissen.

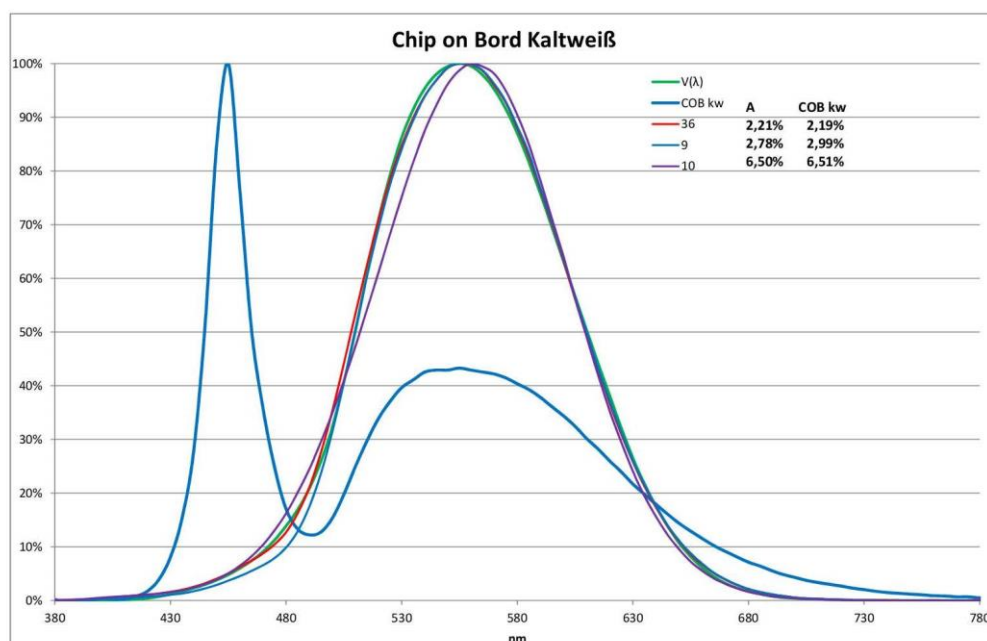
## Weißer LED's für Beleuchtungszwecke

Eine typische weiße LED ist z.B.: OSRAM warmweiß 6 W. Diese LED funktioniert nach dem Prinzip blaue LED mit fluoreszierender Deckschicht.



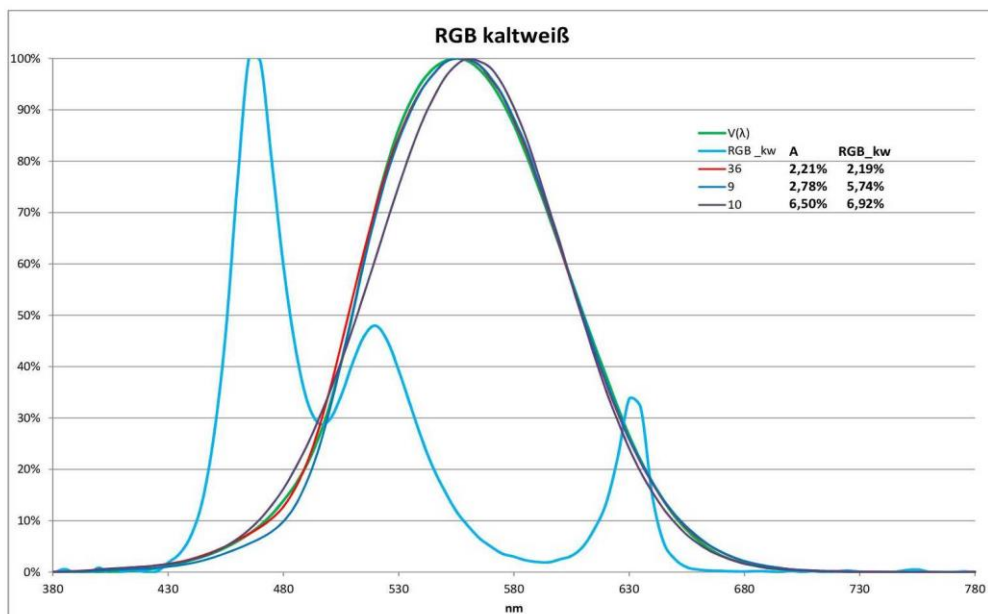
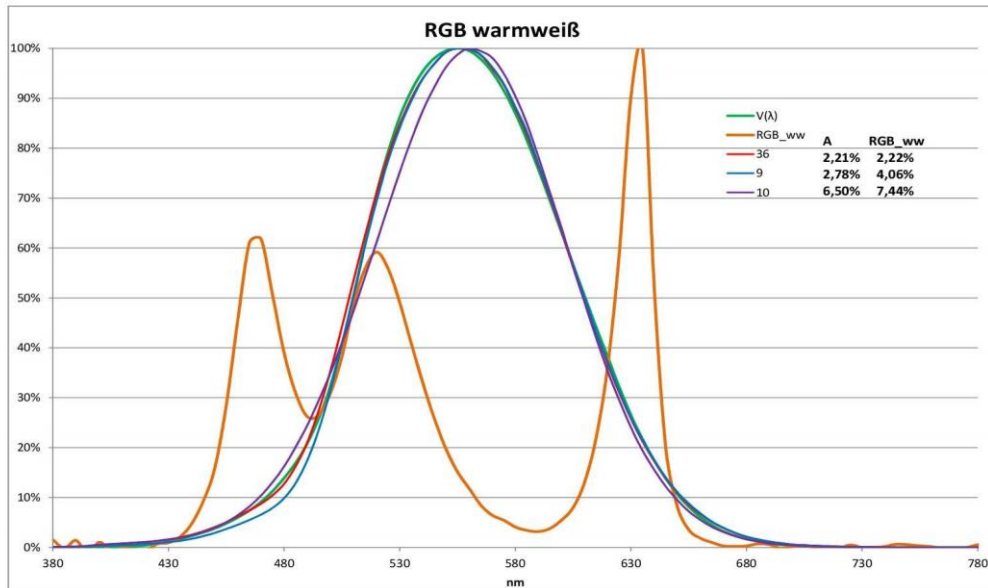
Wie man bei dieser LED sieht ändern sich die Fehler bei der Anpassung an die Augenempfindlichkeit nicht. Bei allen drei Filterungen sind die Fehler an die  $V(\lambda)$  Anpassung praktisch identisch zu den Fehlern bei Lichtart A.

Eine weitere weiße LED ist eine COB (Chip on Bord). Bei dieser Art ist die blaue LED direkt auf dem Alu- Träger aufgebracht und mit der gelborangen Fluoreszenzschicht abgedeckt.



Auch bei dieser LED ändert sich der Fehler f1 nicht. Bei allen drei Filterungen ist er praktisch identisch zu den Fehlern bei Lichtart A.

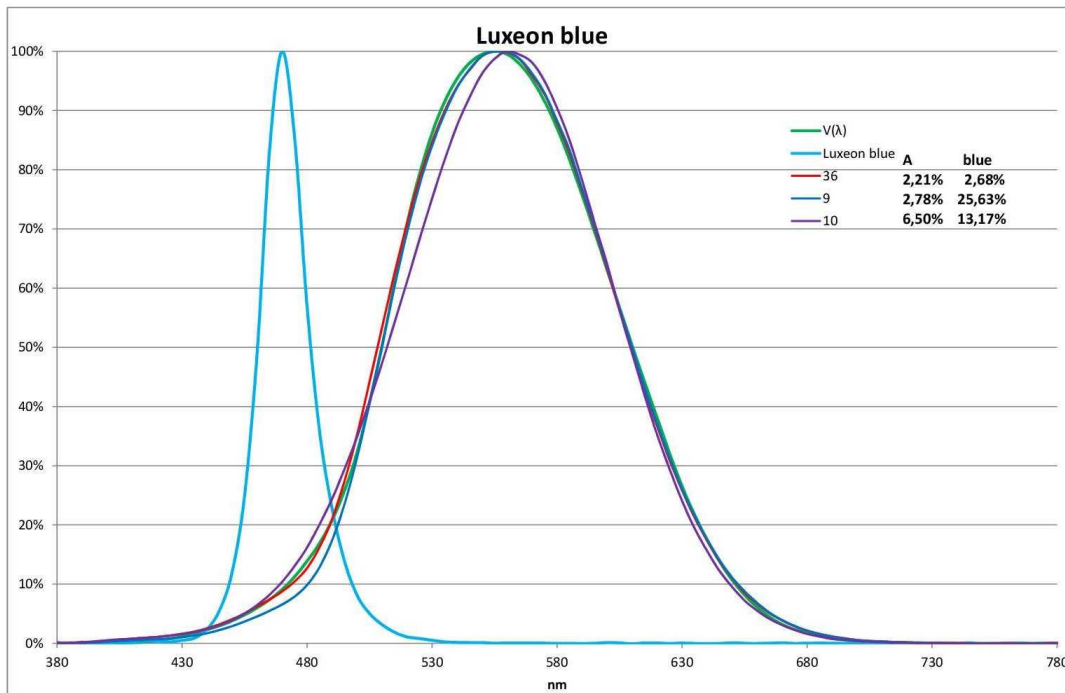
Als nächste weiße LED wird eine Kombination aus drei LED's in den Farben Rot, Grün und Blau betrachtet. Durch die unterschiedliche Ansteuerung der drei LED's wird warmweißes und kaltweißes Licht erzeugt.



Bei diesen beiden weißen LED's bei denen das weiße Licht durch die unterschiedliche Ansteuerung von einer roten einer grünen und einer blauen LED erzeugt wird sind die Fehler der Filterung gegenüber Lichtart A schon größer jedoch noch nicht signifikant.

## Farbige LED's für Effektbeleuchtungen

Bei roten, orangen, grünen und blaugrünen LED's sind wieder keine Abweichungen des Fehlers f1 gegenüber Lichtart A festzustellen. Eine Ausnahme bilden blaue LED's.



Bei der blauen LED ist bei der Filterung mit der Nr.9 ein großer Unterschied zum Fehler bei Lichtart A festzustellen.

## Fazit

Beleuchtungsstärkemessgeräte mit Anpassung an die Augenempfindlichkeit der Klasse A/B und C sind sehr gut für die Messung von LED's für Beleuchtungszwecke geeignet. Bei LED's die zur Hinterleuchtung von LCD's, z.B. bei Armaturenbretter in Autos verwendet werden, können die Fehler jedoch erheblich größer sein als bei Lichtart A. Gleichermäßen können diese Betrachtungen auch auf die GOSSEN Leuchtdichtemessgeräte angewendet werden, da diese über die gleiche Filterung wie die Beleuchtungsstärkemessgeräte verfügen.

## Autor und weitere Informationen:

GOSSEN Foto- und Lichtmesstechnik GmbH, Lina-Ammon-Str. 22, D-90471 Nürnberg  
 Dipl.-Ing.(FH) Reinhard Bickel, Fachlicher Leiter des GOSSEN Kalibrierlabors,  
 Telefon: +49 911 8602 198, E-mail: [reinhard.bickel@gossen-photo.de](mailto:reinhard.bickel@gossen-photo.de)