



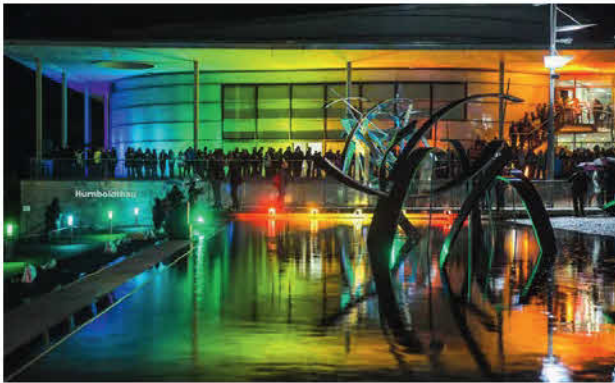
ISSN 1860-2835

# Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG

**Verantwortlich: Prof. Dr. Bernhard Hill**

Vorschau auf die DfwG-Tagung am 8. - 10. Oktober 2013 in Ilmenau



Lichtinstallation des Fachgebietes Lichttechnik (Foto: ari)



Nachtaufnahme von Ingo Herzog



Newtonbau – Foto von Barbara Neumann



Lichtinstallation aus der Sicht von Chris Liebold



Humboldtbau – Foto von Sebastian Trepesch



Audimax des Humboldtbbaus fotografiert von Bettina Wegner



**Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.  
im Deutschen Verband Farbe**

**Inhaltsverzeichnis Report 02 2013**

Impressum .....	2
Vorwort an die Farbgemeinde .....	3
Nachrufe .....	5
Tagung in Ilmenau 8. – 10. Oktober 2013 .....	6 - 8
Überprüfung der Toleranzen für Reparaturlackierungen in der Praxis .....	9
Super-Metamerie bei Weißabgleichen mit RGBW-LED-Systemen .....	18
AIC Tagungen 2011 und 2012 .....	33
Die Sättigung der Farbe – Experimentelle Bestätigung der Formel der Sättigung .....	43
Weißleuchtstoff-basierte Hochleistungs-LED .....	48

**Impressum:**

Vize-Präsident:

Prof. Dr. Bernhard Hill

Tel: 0241 802 7703, E-Mail: hill@ite.rwth-aachen.de

Schatzmeister:

Dr. Carsten Steckert

Tel, Fax: 030 6032554, E-Mail: carsten.steckert@gmx.de

Sekretär:

Dipl.-Ing. Frank Rochow

Tel: 030 401 02 618, Fax: 030 401 42 49

E-Mail: offices@rochow-berlin.de

Geschäftsstelle:

Gralsburgsteig 35, 13465 Berlin

Bankverbindung:

Kto.-Nr.: 206 002 3583, Berliner Sparkasse, BLZ 100 500 00

Arbeitsgruppenleiter:

Farbbildverarbeitung:

Prof. Dr. Bernhard Hill; siehe oben

Farbmetrik und Grundlagen:

PD Dr. habil. Peter Bodrogi

Tel. 061511675095

E-Mail: bodrogi@lichttechnik.tu-darmstadt.de

Fluoreszenz:

Dr. Claudio Puebla

Tel. 0 76 21 17 47 29, E-Mail: claudio.puebla@axiphos.com

**Internet: [www.dfwg.de](http://www.dfwg.de)**

**ISSN 1860-2835**

Verleger und Herausgeber: Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e. V.  
Einzelheft: 10 Euro + Versandkosten; der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.  
Layout und Druckvorbereitung: Werner Rudolf Cramer und Andreas Kraushaar  
Für die Inhalte der fachlichen Artikel sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.

## **Liebe Farbgemeinde!**

Nach den weniger schönen Ereignissen zur Jahreswende ist wieder Ruhe in die Arbeit der DfwG eingeleitet. Der erste DfwG-Report für dieses Jahr konnte in den vergangenen Wochen ausgeliefert werden. Leider haben sich einige kleine Fehler eingeschlichen, die durch einen sehr kurzfristigen Prozess der Drucklegung in einer neuen Druckerei bedingt waren. So bin ich nicht Präsident, sondern Vizepräsident und im Original ist die Ein- und Ausgabenrechnung von Herrn Steckert von ihm unterschrieben. In Zukunft wird der Prozess der Herstellung des Reports einen kontrollierteren Verlauf haben. In der vergangenen und neuen Ausgabe des Reports haben wir interessante Vorträge von der DfwG-Tagung in Aachen zusammengestellt. Die Artikel zeigen ein breites Spektrum von wissenschaftlichen Studien und industriellen Anwendungen und demonstrieren damit auch die Aktualität der Diskussion um die Farbe in unserer Gesellschaft. Herzlichen Dank an die Autoren!

Die ersten konkreten Vorbereitungen der Jahrestagung in Ilmenau im Oktober haben begonnen und es sind schon Vortragsanmeldungen eingegangen. Erste Informationen zum Tagungsort finden Sie in dieser Ausgabe. Wir freuen uns auf weitere Anmeldungen von Ihnen mit einer kurzen Zusammenfassung auf maximal einer Seite. Auch einen Vorschlag für den in diesem Jahr wieder zu verleihenden Förderpreis hat der Vorstand erhalten, weitere Vorschläge sind herzlich willkommen.

Erneut möchte ich auf die in diesem Jahr satzungsgemäß stattfindende Neuwahl des Vorstandes hinweisen und bitte noch einmal um die Abgabe von Vorschlägen.

Unser verstorbener Präsident Herr Dr. Rösler hatte schon in früheren Ausgaben dargestellt, dass alle Mitglieder der DfwG die Zeitschrift „Color Research and Application“ verbilligt beziehen können. Wie ich festgestellt habe, ist dies doch noch nicht allen Mitgliedern bewusst und ich erwähne es daher noch einmal.

(Kontakt: Journal Customer Services Team +44 (0) 1865 77 8315).

Leider haben sich wieder Trauerfälle ereignet: Frau Eva-Maria Gerhardy-Löcken ist plötzlich verstorben. Sie war vielen unserer Mitglieder durch ihre Mitarbeit in Gremien und ihre Angebote an Farbmustern und Farbfiltern der Firma Muster-Schmidt in Göttingen bekannt. Frau Gerhardy-Löcken war langjähriges Mitglied in der DfwG. Wir trauern auch um unser Mitglied Peter Glatz, der schon 1986 beigetreten ist und der sich durch sein Wirken bei der Definition des Weißgrades und Problemen der Fluoreszenz in unserer Gesellschaft profiliert hat. Unser aufrichtiges Beileid gilt allen Hinterbliebenen.

Einen besonderen Dank möchte ich an Herrn Cramer und Herrn Kraushaar für ihren Einsatz bei der Erstellung des Reports richten und ich freue mich, dass wir ein so gutes Ergebnis erhalten. Ihnen allen wünsche ich für die Arbeit an Farbproblemen viel Freude und verbleibe bis zur nächsten Ausgabe des Reports

Ihr Bernhard Hill

## Die nächsten Tagungen mit Themen aus der Farbwissenschaft

1. AIC 2013, The Sage, Gateshead bei Newcastle, England: July 8-July 12, 2013  
The 12th International AIC Congress [www.aic2013.org](http://www.aic2013.org)
2. Workshop Farbbildverarbeitung, FWS 2013, 26./27. September, GFal e.v. Berlin Adlershof,  
[www.zbs-ilmenau.de](http://www.zbs-ilmenau.de)
3. DfwG Jahrestagung 2013, 8. Oktober bis 10. Oktober 2013, Ilmenau, [www.dfwg.de](http://www.dfwg.de)
4. NIP - Non Impact Printing, September 29 - October 3, 2013, Seattle, Washington, USA  
[www.imaging.org/conferences](http://www.imaging.org/conferences)
5. Color & Imaging CIC 2013, November 4- November 8, 2013, Albuquerque, New Mexico,  
USA,  
[www.imaging.org/conferences](http://www.imaging.org/conferences)
6. IS&T/SPIE Electronic Imaging, February 2-6, 2014, Hilton San Francisco, California, USA,  
<http://spie.org>

---

## Einladung zur Hauptversammlung der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft e.V.

am Mittwoch, den 09. Oktober 2013, 16.30 Uhr, TU Ilmenau, Humboldt-Platz, Humboldt-Hörsaal  
H-Hs, Gustav-Kirchhoff-Platz 1, 98693 Ilmenau

### Tagesordnung:

1. Genehmigung der Tagesordnung
2. Genehmigung des Protokolls der DfwG Mitgliederversammlung am  
10. Oktober 2012 in Aachen (siehe DfwG Report 1 - 2013)
3. Bericht des Vizepräsidenten
4. Bericht des Sekretärs mit Vorstellung des Entwurfs einer Geschäftsordnung
5. Kassenbericht 2012 durch den Schatzmeister
6. Bericht der Kassenprüfer (siehe Protokoll der Kassenprüfung DfwG Report 1 – 2013)
7. Entlastung des Vorstandes
8. Neuwahl des Vorstandes
9. Aussprache und Abstimmung über die Einführung der vorgestellten Geschäftsordnung
10. Vertretung der DfwG bei der CIE
11. Kurz- und mittelfristige Finanzplanung für die DfwG
12. Statusbericht der Arbeitsgruppen
13. Verschiedenes

Mit freundlichen Grüßen



Dipl.-Ing. Frank Rochow

(DfwG Sekretär)

## **Nachruf Eva-Maria Gerhardy-Löcken**

Frau Gerhardy-Löcken war 1978 als Vertreterin der Firmen Göttinger Farbfilter/Muster-Schmidt Verlag zur Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft gekommen und hat seitdem die Arbeit der DfwG durch Teilnahme und Ausstellungen bei den DfwG-Jahrestagungen aktiv begleitet.

Neben ihrer Präsenz in unserer Gesellschaft ist sie vielen Mitgliedern aber auch als Vertreterin des Muster-Schmidt Verlages in Erinnerung. Ihr Name ist auch mit der hoch angesehenen und führenden Zeitschrift „Die Farbe“ verknüpft, die sie lange Zeit, zusammen mit dem Herausgeber und bekannten Farbwissenschaftler Prof. Manfred Richter, publiziert hat.

Wir trauern mit der Familie und den Firmenangehörigen.

## **Nachruf Dr. Peter Glatz**

Dr. phil. nat. Peter Glatz war der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft 1986 beigetreten und hat, in stetiger Zusammenarbeit mit anderen Kollegen, den Grundstock für unser heutiges Wissen zum Weißgrad gelegt und zur Arbeit unserer Arbeitsgruppe Fluoreszenz beigetragen.

Auf der Basis seines Physikstudiums in Bern und Philadelphia (USA) hat er in seinem beruflichen Werdegang ein vielfältiges Wissen erworben, genutzt und weitergegeben. Er war Projekt- und Produktmanager von analytischen Messgeräten für Industrie und Umwelt. Zuletzt wirkte er in seinem eigenen Start-up-Unternehmen „Physix Glatz Peter“.

Er hat es bei unseren Zusammenkünften durch seine offene Art und mit seinem Fachwissen immer wieder verstanden, Menschen jeden Alters zu fesseln.

Der Platz, den Peter Glatz in der Welt der Farbwissenschaft eingenommen hatte, wird nicht leicht wieder zu besetzen sein.

Wir trauern um einen großartigen Menschen und Wissenschaftler.



Von:

Titel Vorname Name, Firma: \_\_\_\_\_

Straße Nr.: \_\_\_\_\_

PLZ Ort: \_\_\_\_\_

Telefon / E-Mail \_\_\_\_\_



www.dfwg.de

offices@rochow-berlin.de

Bitte melden Sie sich mit diesem Formular per Fax bzw. Brief  
im Fensterumschlag oder direkt online über [www.dfwg.de](http://www.dfwg.de) an.

**DfwG-Geschäftsstelle**  
c/o Dipl.-Ing. Frank Rochow  
Gralsburgsteig 35  
13465 Berlin

FAX: (030) 401 4249

**ANMELDUNG**  
**zur DfwG Jahrestagung 08. – 10. Oktober 2013**  
an der TU Ilmenau, FG Lichttechnik, Prof.-Schmidt-Str. 26 98693 Ilmenau

Ich melde mich hiermit zur DfwG Jahrestagung 2013 an als

- Mitglied der DfwG  
 Nichtmitglied  
 Student

Tagungsbeitrag  
€ 90,00  
€ 120,00  
€ 10,00

Mit der Veröffentlichung meiner oben genannten Kontaktdaten im Teilnehmerverzeichnis  
der Tagung bin ich  einverstanden / bin ich nicht  einverstanden

- Ich benötige eine Papier-Rechnung an o. g. Adresse  
 Ich benötige eine Rechnung per E-Mail an o. g. Adresse  
 Ich benötige keine Rechnung

\_\_\_\_\_  
Datum / Unterschrift

Den Tagungsbeitrag überweisen Sie bitte bis 1 Woche vor der Tagung an:

bei **DfwG**  
**Berliner Sparkasse**  
**Konto Nummer** 206 002 3583  
**BLZ** 100 500 00

**IBAN:** DE 81100500002060023583  
**SWIFT:** BELA DE BE

unter Angabe Ihres **Namens** und „DfwG-JT-2013“ !!!

Für eine möglichst genaue Vorplanung geben Sie uns bitte auch folgende Informationen:

**Vorbesprechung:**

- Ich nehme an der Vorbesprechung am 8. Oktober teil  
 Ich bringe hierzu \_\_\_ Begleitperson(en) mit

!!! nicht im Tagungsbeitrag enthalten

**Tagungsabend:**

- Ich nehme am Tagungsabend am 9. Oktober teil  
 Ich bringe hierzu \_\_\_ Begleitperson(en) mit

!!! nicht im Tagungsbeitrag enthalten

130701-Anmeldung-JT2013.doc

## **DfwG Jahrestagung 2013**

### **"Anwendung der Farbwissenschaft in Industrie und Forschung"**

#### **8. - 10. Oktober 2013 in Ilmenau**

Die 39. Jahrestagung der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft e. V. (DfwG) findet auf Einladung der Technischen Universität Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik (Prof. Schierz) vom 8.- 10. Oktober 2013 auf dem Campus der TU Ilmenau statt.

Die Ausrichter und der DfwG Vorstand freuen sich auf viele Teilnehmer, interessante Vorträge, Diskussionen und Gespräche auch bei den Abendessen. Der Vorstand dankt allen an der Organisation beteiligten Personen für Ihre Beiträge und freut sich, viele von Ihnen in Ilmenau zu treffen.

#### **Vorläufige Programmplanung:**

Dienstag 8. Oktober 2013

Ort: Newtonbau, Raum 2010, Gustav-Kirchhoff-Platz 2, 98693 Ilmenau

ab 13:30 Arbeitsgruppensitzungen

19:00 Vorbesprechung: Lindenhof (Kaminzimmer), Lindenstr. 3, Ilmenau

Mittwoch 9. Oktober 2013

Ort: Newtonbau, Raum 2010, Gustav-Kirchhoff-Platz 2, 98693 Ilmenau

ab 08:30 Arbeitsgruppensitzungen

12:00 Imbiss

Ort: Humboldtbau, Humboldt-Hörsaal H-Hs, Gustav-Kirchhoff-Platz 1

13:00 Eröffnung DfwG Jahrestagung 2013

Begrüßung, Ehrungen,

13:30 Vorträge

16:30 DfwG Mitgliederversammlung

ab 18:00 Abendprogramm: Hotel Tanne, Lindenstr. 38, Ilmenau

Donnerstag 10. Oktober 2013

Ort: Humboldtbau, Humboldt-Hörsaal H-Hs, Gustav-Kirchhoff-Platz 1

ab 09:00 Vorträge

12:00 Ende der DfwG Jahrestagung 2013

Imbiss

Gelegenheit zur Besichtigung

des Fachgebiets Lichttechnik und der Firma Technoteam

Hotelkontingente

bis zum 9.9.13 unter dem Stichwort „Farbtagung“ direkt im Hotel zu buchen:

Hotel Lindenhof, Lindenstr. 3

[www.hotel-lindenhof.de](http://www.hotel-lindenhof.de)

Telefon (03677) 68000

70,00 EUR pro Einzelzimmer/ Nacht

Hotel Tanne, Lindenstr. 38  
[www.hotel-tanne-thuringen.de](http://www.hotel-tanne-thuringen.de)  
 Telefon (03677) 686590  
 84,00 EUR pro Doppelzimmer/ Nacht  
 62,00 EUR pro Einzelzimmer/ Nacht  
 Ilmenauer Hof, Erfurter Str. 38

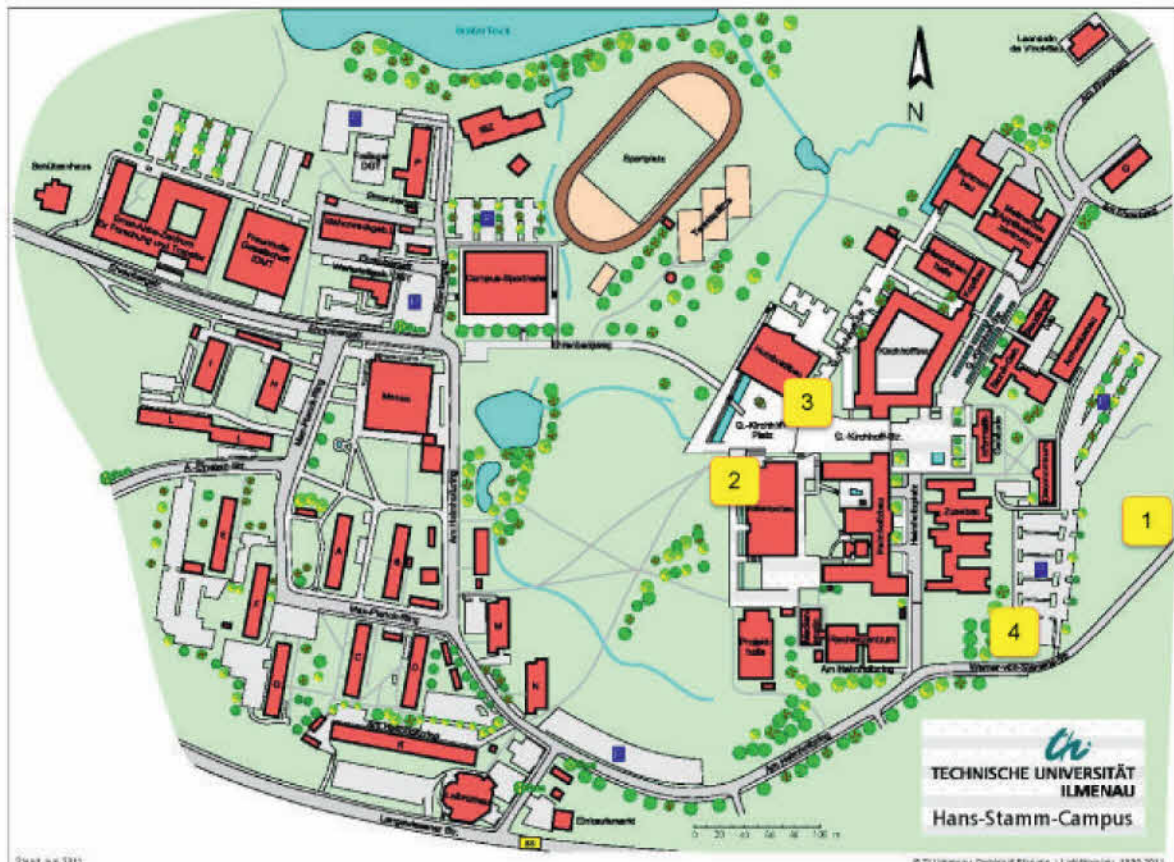
[www.ilmenauer-hof.de](http://www.ilmenauer-hof.de)  
 Telefon (03677) 6892753  
 47,00 EUR pro Einzelzimmer/ Nacht

Hotel Mara, Krohnestr. 5  
[www.mara-hotel.de](http://www.mara-hotel.de)  
 Telefon (03677) 4680390  
 60,00 EUR pro Einzelzimmer/ Nacht

Parken (kostenpflichtig) auf der Ostseite des Campus (alle anderen Parkplätze sind wahrscheinlich belegt)

Man kann mit dem Bus aus der Stadt bequem auf den Campus fahren. Die Haltestellen befinden sich unmittelbar an den Hotels Lindenhof, Tanne und Mara.

#### TU Ilmenau – Campus



- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1 ... TechnoTeam | 3 ... Humboldtbau |
| 2 ... Newton-Bau | 4 ... Parkplatz   |

### **DIN 6175 Teil II: Überprüfung der Toleranzen für Reparaturlackierungen in der Praxis**



**Bachelorarbeit Maxim Berg**  
Hochschule Esslingen  
Studiengang Farbe und Lack

**Betreuender Dozent: Dr. rer. nat. Georg Meichsner**  
**Betreuer der Fa. AkzoNobel: Werner Mieskes**

---

## **Aufgabenstellung**

---

- **Überprüfung der DIN 6175 Teil II - Toleranzen für  
Reparaturlackierungen**
- **Sind Spezialpigmente wie zum Beispiel Xirallic und  
Colorstream messbar?**
- **Vorschlag: Auswertung mit Audi2000**
- **Einsatz verschiedener Mehrwinkel Messgeräte**
- **Visuelle Abmusterung**
- **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**



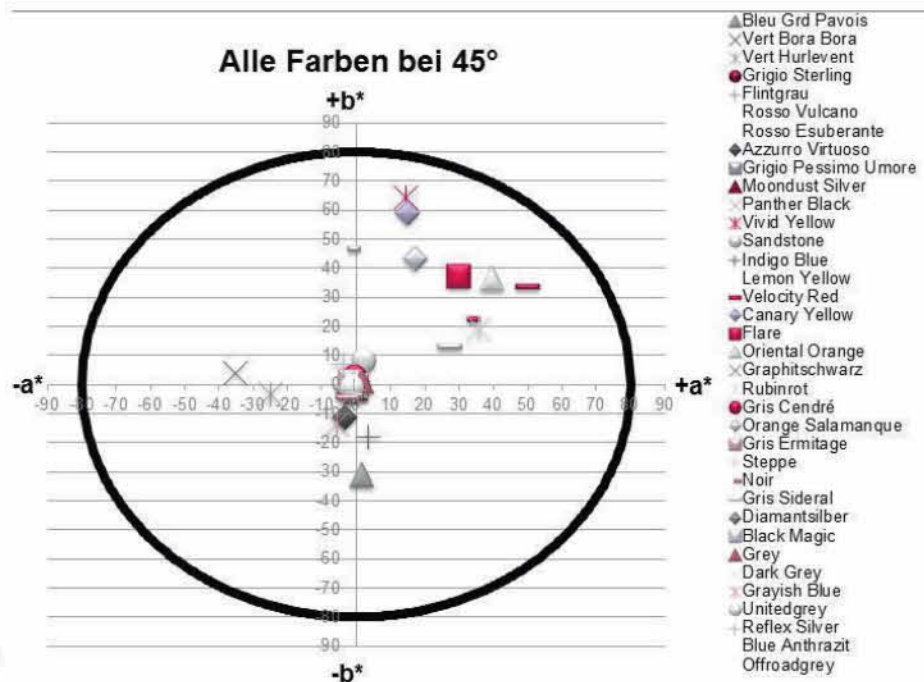
## Inhalt

- Kriterium: Farbauswahl
- Farbfamilie = Referenz und Varianten
- Messung und Auswertung
  - Geräte
  - Software
- Messgeräte Vergleich
- Visuelle Beurteilung
- Toleranzen
- Zusammenführung Messung / Visuelle Beurteilung
- Fazit



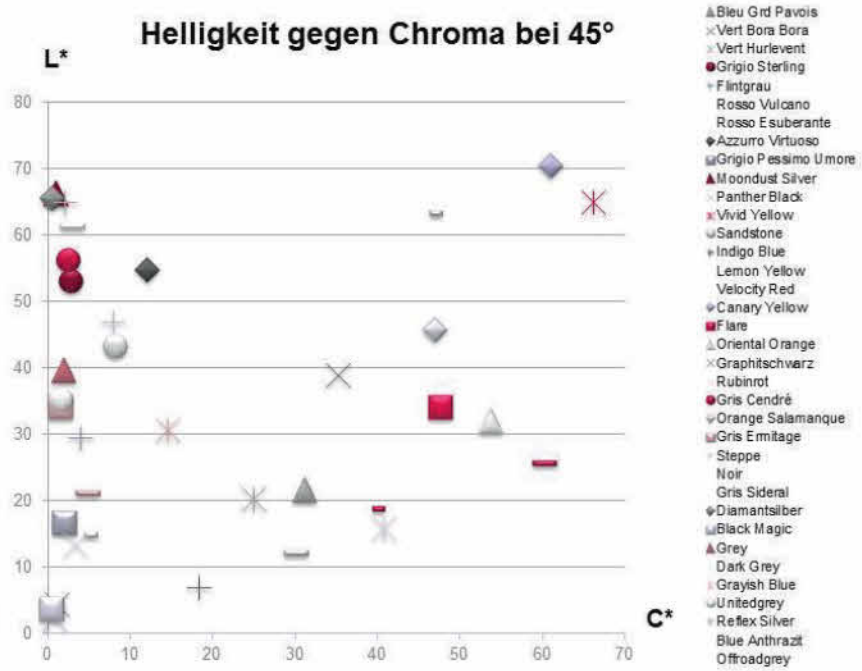
3

## Kriterium: Farbauswahl nach a\*/ b\*



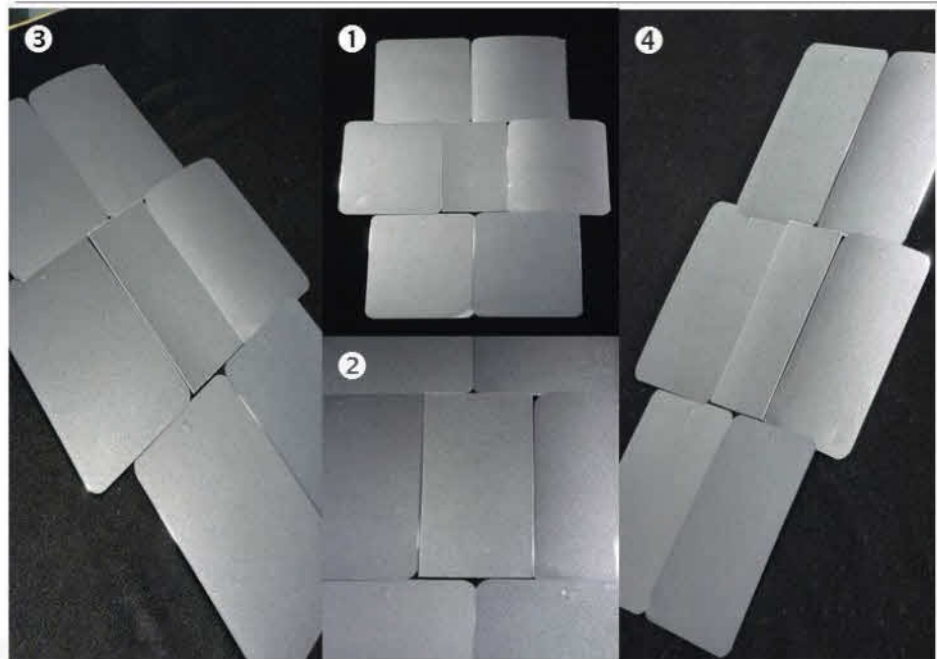
4

## Kriterium Farbauswahl nach L\* / C\*



5

## Farbfamilie



6

## Messung und Auswertung

- **Spektralphotometer**

- mehrwinklig
- portabel



- **Wiederholbarkeit**

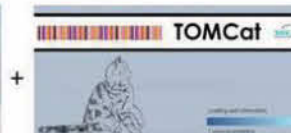
- **Messgeräte Vergleich**



- **Farbmess- und Auswerteprogramme**



EXCEL-DATEI

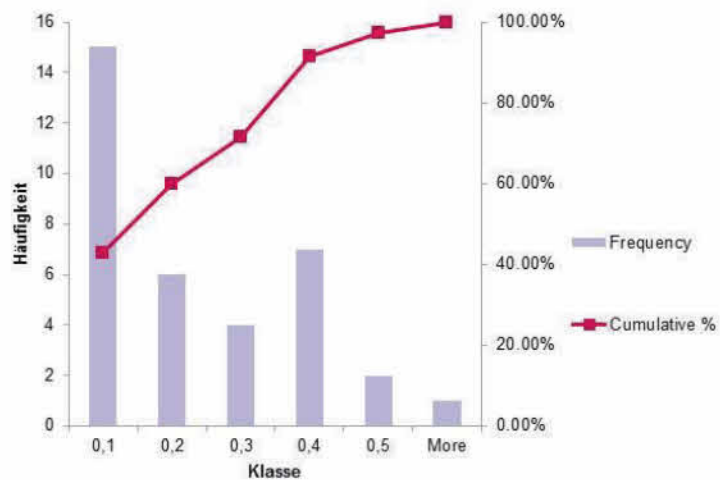


7

## Messgeräte Vergleich



### Messgeräte Vergleich nach Berechnung mit DIN 6175 Teil II

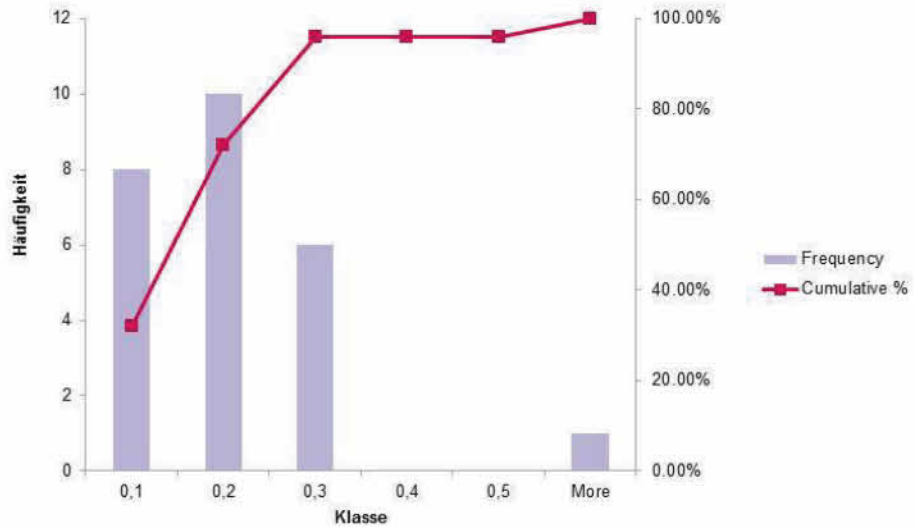


8

# Messgeräte Vergleich



Messgeräte Vergleich nach nach Berechnung mit Audi2000



# Messgeräte Vergleich

		15°	25°	45°	75°	110°	Toleranzen		Differenz zwischen BYK mac und X-Rite M488II				
Voikswagen Offroadgrey	Variante								15°	25°	45°	75°	110°
	Variante 1	0,75	0,28	0,77	1,24	1,48	Kante	2,15	0,28	-0,11	-0,28	-0,28	-0,18
	Variante 21	1,81	1,42	1,24	1,37	1,29	Beleuchten	1,5 ± 3,0	0,21	-0,37	-0,28	-0,08	0,03
	Variante 2	1,14	0,86	0,38	1,21	1,61	n.i.O.	3,0 ±	-0,02	-0,05	-0,28	-0,08	0,11
	Variante 3	0,76	0,57	0,53	0,97	1,17			0,06	-0,12	0,11	0,02	-0,08
	Variante 16	3,88	2,28	1,05	1,07	0,37			0,08	0,00	-0,25	-0,08	-0,07
	Variante 4	1,01	0,43	0,40	0,60	0,75			0,06	-0,06	-0,08	-0,06	0,03
BYK mac DN 9176 Teil II	Variante 6	1,14	0,73	0,58	0,19	0,33			-0,05	-0,20	0,14	-0,14	-0,07
X-Rite M488II	Variante 1	0,48	0,37	1,13	1,50	1,62							
	Variante 21	1,60	1,79	1,50	1,42	1,28							
	Variante 2	1,16	0,89	0,65	1,29	1,50							
	Variante 3	0,70	0,88	0,72	0,85	1,28							
	Variante 16	3,80	2,28	1,28	1,15	1,04							
	Variante 4	0,35	0,43	0,43	0,65	0,72							
	Variante 6	1,19	0,33	0,42	0,33	0,40							
Voikswagen Offroadgrey	Variante								15°	25°	45°	75°	110°
	Variante 1	1,08	0,43	1,20	1,34	2,08	Kante	2,0	0,38	-0,15	-0,31	-0,34	-0,27
	Variante 21	2,82	2,34	2,58	2,54	2,29	Beleuchten	1,041,41	0,33	-0,34	-0,31	-0,02	0,12
	Variante 2	1,19	0,90	0,74	1,71	2,28	Leisten	1,41±1,73	0,06	0,15	-0,31	-0,18	0,14
	Variante 3	1,11	0,92	1,35	1,48	1,74	n.i.O.	1,73s	0,10	-0,26	0,24	0,02	-0,06
	Variante 16	3,88	2,38	1,53	1,88	1,82			0,21	0,02	-0,28	-0,20	-0,10
	Variante 4	1,35	0,75	0,69	0,81	0,89			0,15	-0,07	-0,08	-0,07	-0,01
BYK mac Audi2000	Variante 5	1,45	0,36	0,75	0,37	0,54			-0,26	-0,36	0,14	-0,27	-0,11
X-Rite M488II	Variante 1	0,72	0,85	1,51	2,28	2,32							
	Variante 21	2,19	2,68	2,67	2,56	2,17							
	Variante 2	1,14	0,77	1,05	1,86	2,12							
	Variante 3	1,01	1,17	1,11	1,44	1,79							
	Variante 16	3,37	2,34	1,82	2,08	1,92							
	Variante 4	1,21	0,82	0,78	0,85	1,00							
	Variante 5	1,70	1,33	0,51	0,54	0,65							



## Visuelle Beurteilung

Geeignet für:	Kante	Beilackieren	Sicken, Zierleisten und Hohlräume	nicht zu Gebrauchen
---------------	-------	--------------	--	------------------------



**3M SunGun**



**Lichtkabine X-Rite**



11

## Visuelle Beurteilung



**Willingkabine**



12

Kriterien	DIN 6175 Teil II $\Delta E_{\text{eff}}(Y)$	DIN 6175 Teil II exp. Anpassung $\Delta E_{\text{eff}}(Y)$	Vorschlag Audi2000 $\Delta E_{\text{eff}}(Y)$	Audi2000 $\Delta E_{\text{eff}}(Y)$	Lieferung wird
Auf Kante	1,5	$\leq 1,0$	$\leq 1,00$	-	
Beilackieren	-	$1,0 \leq 1,5$	$1,00 \leq 1,41$	$\leq 1,41$	akzeptiert
Leisten	3	$1,5 \leq 2,0$	$1,41 \leq 1,73$	$1,41 \leq 1,73$	geprüft
Nicht zu Gebrauchen	$\geq 3$	$\geq 2,0$	$\geq 1,73$	$\geq 1,73$	abgelehnt



## Erläuterungen zur Auswerttabelle

### Erläuterungen zur Auswerttabelle

Verwendete Spektralphotometer und Farbberechnungsformeln  
Fahrzeug Hersteller und Farbname

Enthaltene Effektpigmente in der Lackierung

Farbabstände der einzelnen gemessene Winkel

Höchster Winkel nach dem Bewertet wird aus der Winkelkombination  
Farbauswertung nach Norm (Audi / DIN) oder experimenteller Anpassung

Verwendung der Varianten für i.O. = 1 / n.i.O. = 0

Fahrzeug Hersteller Farbname

Effektpigmente

15° 25° 45° 75° 110°

BYK mac  
DIN 6175 Teil II oder Audi2000

Toleranzen	Norm		exp. A.	
	1,5	3,0	1,5	2,0
Kante	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$
Beilackieren	-	$1,0 \leq 1,5$	$1,0 \leq 1,5$	$1,5 \leq 2,0$
Leisten	$1,5 \leq 3,0$	$1,5 \leq 2,0$	$1,5 \leq 2,0$	$1,5 \leq 2,0$
n.i.O.	$3,0 \leq$	$2,0 \leq$	$2,0 \leq$	$2,0 \leq$

Variante	Farbabstände				
	15°	25°	45°	75°	110°
Variante A	4,99	2,15	0,80	1,26	1,82
Variante B	3,40	1,90	0,64	3,20	3,10
Variante C	2,60	1,93	0,64	1,76	1,98
Variante D	3,33	1,40	0,25	0,86	1,06
Variante E	2,80	1,95	1,76	1,74	1,65
Variante F	7,17	3,11	1,02	1,80	2,33
Variante G	1,60	1,21	0,83	1,90	1,43
Variante H	4,46	3,06	0,94	1,25	1,68
Variante I	2,22	1,20	1,06	1,73	1,34
Variante J	3,10	1,66	0,49	0,95	1,24
Variante K	0,80	1,11	0,47	0,87	1,21
Variante L	1,75	1,53	0,26	0,73	1,01
Variante M	0,98	0,47	0,37	0,73	1,00

Übereinstimmung	Norm		exp. A.		Norm		exp. A.	
	4,99	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
3,4	3,4	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
2,6	2,6	1,93	1,93	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
3,33	3,33	1,4	1,44	1,4	1,44	1,4	1,44	1,44
2,8	2,8	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
7,17	7,17	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11
1,9	1,9	1,1	1,1	1,9	1,43	1,43	1,43	1,43
4,46	4,46	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06
2,22	2,22	1,73	1,73	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
3,1	1,73	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
1,21	1,21	1,11	1,11	1,11	1,21	1,21	1,21	1,21
1,75	1,75	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
1	1	0,73	0,73	1	1	1	1	1

Beurteiler Mittelwert	Summe		
	Kante	Beilack.	Leisten
0	0	0	0
0	0	0,5	0,5
0	0	0,5	0,5
0	0	1	1
0	0	1	1
0	0,5	1	1,5
0	0,5	1	1,5
0	1	1	2
0	1	1	2
0,5	1	1	2,5
0,5	1	1	2,5
1	1	1	3
1	1	1	3

Toleranzen der Beurteilungskriterien für Reparaturlackierungen

Vorhandene Varianten des Farbtöns

Farbliche Hinterlegung nach den Toleranzen der Normen DIN oder Audi

Farbliche Hinterlegung wenn eine Übereinstimmung zwischen dem visuellen Eindruck und messtechnischen Auswertung vorliegt. Keine farbliche Hinterlegung → keine Übereinstimmung

Keine Verwendung 0  
Zierleisten usw. 0,5 - 1,5  
Beilackieren 1,5 - 2,5  
Auf Kante 2,5 - 3



## Zusammenführung Messung / Visuelle Beurteilung

- **Auswertung: visuelle Beurteilung / Messung**

- Theoretische Verteilung
- Grigio Pessimo Umore
- Sandstone
- Indigo Blue

- **Trefferquote der Übereinstimmungen**

- Varianten sind i.O. und sind in den Toleranzen
- Varianten sind n.i.O. und sind nicht in den Toleranzen



15

## Fazit:

- **Enormer Zeit-, Arbeits- und Materialaufwand**
- **Eigenschaftsprofil konnte charakterisiert werden**
- **Experimentelle Anpassung führt zu einer Verbesserung**
- **Keine Einschränkung für Geräte und Farbmessprogramm - Auswahl**
- **Winkelkombination 25°/45°/110° hat besser Aussagekraft über die Güte der Lackierung als 25°/45°/75° → am besten jedoch 15°/25°/45°/75°/110°**



16

## Fazit:

- Aufnahme einer weitere Bedingung → Beilackieren
- Spezialpigmente wie Xirallics und Colorstreams haben kein Einfluss
- Bestehende Audi2000, kann DIN 6175 Teil II für Reparaturlackierungen mit den verwendeten Toleranzen im Moment nicht ersetzen.
- Nachträglich Versuche mit größeren Toleranzen für die Audi2000 wurden durchgeführt. Ergebnis muss noch überprüft werden (Beispiele)
  - [Audi-GrößerAudi2000-1.41](#)
  - [Audi-GrößerAudi2000-1.73](#)
  - [Audi-GrößerAudi2000-2.0](#)
- Zusätzliche Arbeiten bezüglich Toleranzen für die Audi2000 sind erforderlich
- Beurteiler sieht oft mehr Unterschiede als das Messgerät → Textureigenschaft wie z.B. Glitzer und Feinverteilung

17



## Ausblick

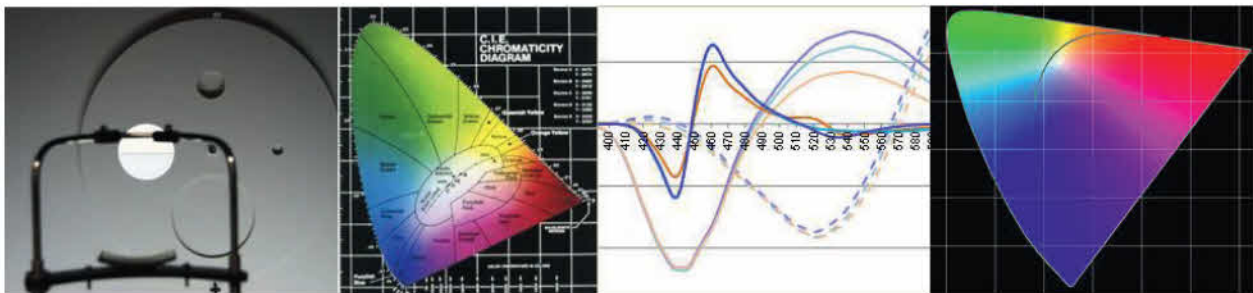
- Eventuell genauere Anpassung der Toleranzen durch zusätzliche Beurteilungen der Varianten
- Visuelle Abmusterungen von allen Spritzmustern zu den Fahrzeugteilen werden zur Zeit bei Audi durchgeführt.
- Aufnahme des -15° Winkels in die Auswertung
- Diskussion im Ausschuss
- Weitere Vorgehensweise

18



# Super-Metamerie bei Weißabgleichen mit RGBW-LED-Systemen

Dipl.- Ing. Saskia Polster  
 Fachgebiet Lichttechnik, TU Ilmenau



29.06.2013

1

## Übersicht

- **Motivation**
- Versuchsaufbau
- Ergebnisse ausgewählter Versuchsszenarien
- Test unterschiedlicher Farbräume
- Einfluss der Beobachterfeldgröße
- Zusammenfassung

29.06.2013

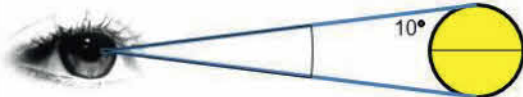
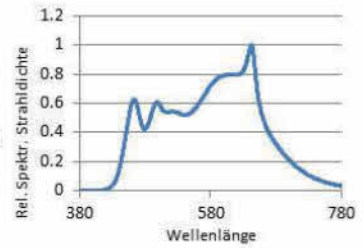
Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

2

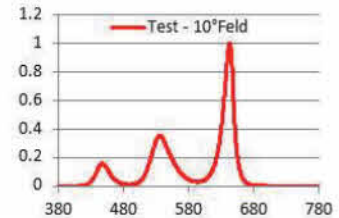
# Problemstellung

Die Farbwahrnehmung einer hinterleuchteten Fläche ist immer abhängig von der Feldgröße unter der diese Fläche beobachtet wird. Sind zwei Spektren für eine definierte Beobachterfeldgröße (in diesem Beispiel ein 10° Beobachterfeld) metamer, so ist die Frage wie sich der Farbeindruck dieser beiden Spektren ändert, wenn die beobachtete Fläche verkleinert wird. Es stellt sich die Frage bei welchen Spektralzusammensetzungen der zu vergleichenden Spektren der wahrgenommene Farbunterschied zwischen den beiden Testflächen bedingt durch eine Änderung der Beobachterfeldgröße besonders deutlich hervortritt, bzw. vernachlässigt werden kann.

Referenzspektrum



Einzustellendes Mischspektrum



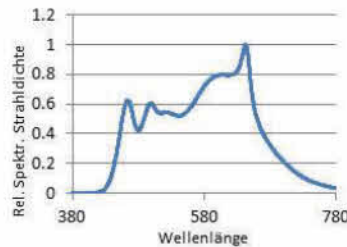
29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

3

# Problemstellung

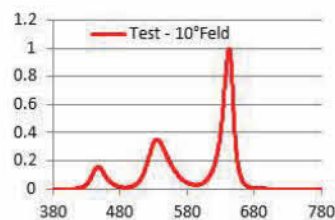
Referenzspektrum



Lassen sich „super-metamere“ Spektren definieren, deren Metamerie unabhängig von der Beobachterfeldgröße ist?



Einzustellendes Mischspektrum



In dem Fall, dass der Einfluss der Beobachterfeldgröße vernachlässigt werden kann ( $\Delta u'v'_{2^\circ, 10^\circ} = 0$ ), wäre es möglich metamere Spektren zu definieren, die das Metameriekriterium unabhängig von der Beobachterfeldgröße erfüllen. Diese Beobachterfeldgrößenunabhängige Metamerie wird im Folgenden „Super-Metamerie“ genannt. Gesucht wird nach der Möglichkeit vorab berechnen zu können, wie gut zwei LED-Spektren geeignet sind unabhängig von der Beobachterfeldgröße denselben Farbeindruck hervorzurufen.

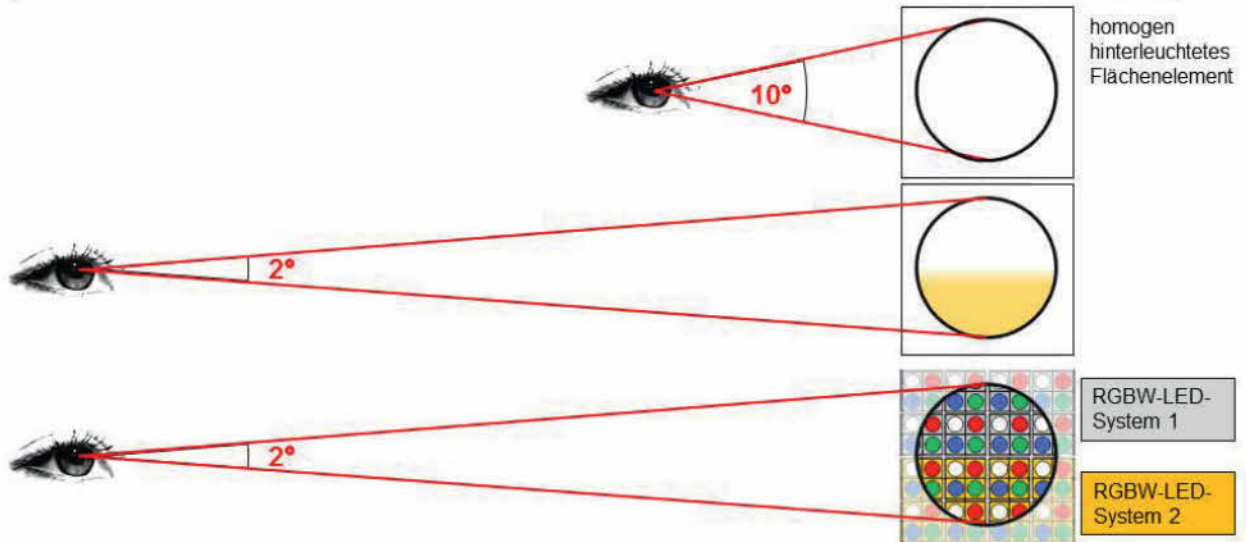
29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

4

# Problemstellung

Diese schematische Darstellung dient dazu die Relevanz der Beobachterfeldgröße bei der homogenen Ausleuchtung großer Flächen zu verdeutlichen. Entfernt sich der Beobachter von dem beleuchteten Flächenelement weg, so sieht er denselben Flächenausschnitt unter einem anderen Beobachterwinkel. Da aber die verwendeten Leuchtmittel nie exakt dieselbe Spektralverteilung haben, kann es zu einer veränderten Farbwahrnehmung kommen, sobald der Beobachter anfängt sich im Raum zu bewegen.

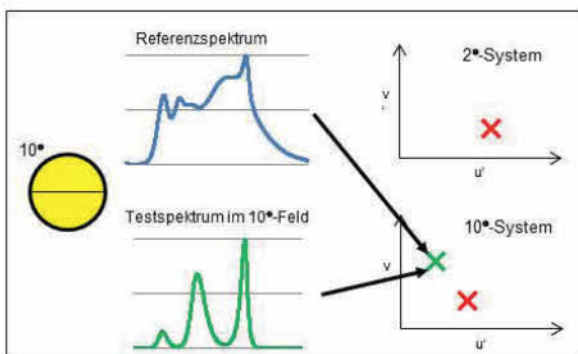
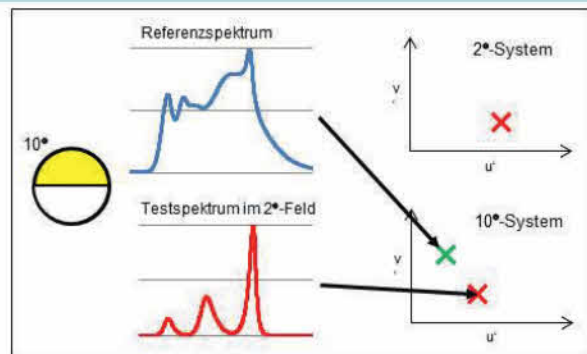
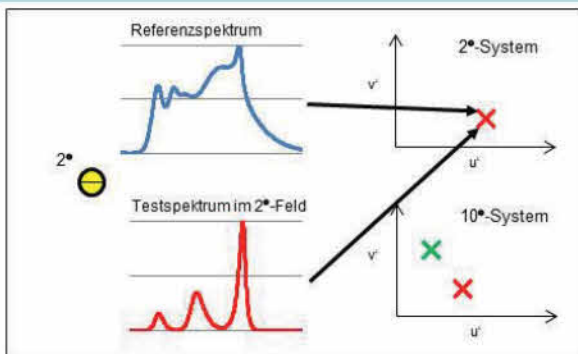


29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

5

# Voraussetzung



Voraussetzung für die Bestimmung der Farbdifferenz, resultierend aus der Veränderung der Beobachterfeldgröße sind Farbräume, die für eine definierte Feldgröße metamere Spektren auf denselben Farbort abbilden. Spektren, die in der entsprechenden Beobachterfeldgröße als farblich gleich wahrgenommen werden, sollten in einem entsprechenden System auf denselben Farbort abgebildet werden. Ändert sich die Farbwahrnehmung bei einer Änderung der Beobachterfeldgröße, so sollte die entstehende Farbdifferenz auch abgebildet werden.

29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

6

# Übersicht

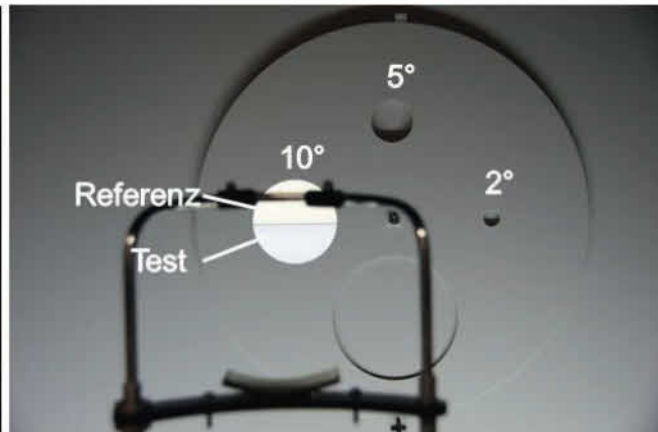
- Motivation
- **Versuchsaufbau**
- Ergebnisse ausgewählter Versuchsszenarien
- Test unterschiedlicher Farbräume
- Einfluss der Beobachterfeldgröße
- Zusammenfassung

29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

7

# Versuchsaufbau



Je Versuchsszenario wird für die Spektralzusammensetzungen mit einer Farbtemperatur von **3500K**, **5000K** und **6500K** jeweils ein Abgleich im **2°**-, **5°**- und **10°**-Beobachterfeld durchgeführt. Der Proband steuert das Testfeld selbst an, indem er mittels der Pfeiltasten den Rot-, Grün-, Blau-, bzw. Gelb-Anteil der Farbmischung erhöhen kann.

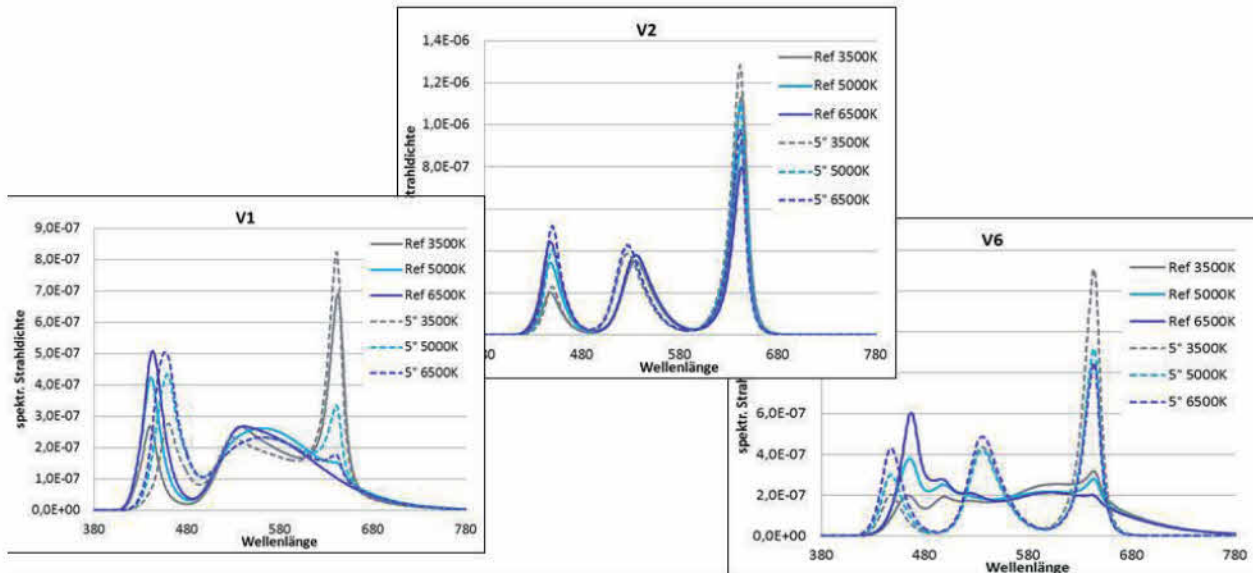
29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

8

# Versuchsszenarien

7 unterschiedliche Versuchsszenarien werden untersucht. Die Szenarien werden so gewählt, dass die spektralen Unterschiede zwischen Referenz- und Testspektrum möglichst große Varianz aufzeigen. Die verwendeten Spektralzusammensetzungen beinhalten RGB-LED-Systeme, RGBW-LED-Systeme und ein 8-LED-System, mit welchem ein möglichst aufgefülltes Spektrum generiert werden kann.



29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

9

# Versuchsszenarien

Versuchsnummer	Referenzlichtquelle	Testlichtquelle
V1	TL R – RGBW	TL G – RGBW
V2	TL R – RGB	TL G – RGB
V3	TL R – RGBW + Cyan	TL G – RGBW
V4	LED Vollspektrum	TL R – RGBW
V5	LED Vollspektrum	TL G – RGBW
V6	LED Vollspektrum	TL R – RGB
V7	ACB	TL R – RGB

### Legende:

LED Vollspektrum	LED Vollspektrum - aus 8 unterschiedlichen LEDs zusammengesetztes Spektrum ohne ausgeprägte Täler und Spitzen im Spektrum
ACB	RGB-Mischung (Amber, Cyan, Blau) ((R: $\lambda_{Peak}=595nm$ , G: $\lambda_{Peak}=497nm$ , B: $\lambda_{Peak}=467nm$ )
TL R – RGBW	RGBW-Mischung mit leuchtstoffkonvertierter weißer LED ( $\lambda_{Peak\ blau}=440nm$ )
TL R – RGBW+C	RGBW-Mischung (siehe TL R - RGBW) mit konstanter Cyan-Beimischung
TL G – RGBW	RGBW-Mischung mit leuchtstoffkonvertierter weißer LED ( $\lambda_{Peak\ blau}=460nm$ )
TL R – RGB	RGB Mischung (R: $\lambda_{Peak}=642nm$ , G: $\lambda_{Peak}=534nm$ , B: $\lambda_{Peak}=447nm$ )
TL G – RGB	RGB Mischung (R: $\lambda_{Peak}=640nm$ , G: $\lambda_{Peak}=525nm$ , B: $\lambda_{Peak}=450nm$ )

29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

10

## Versuchsbedingungen

- 20 Probanden
- 23 – 45 Jahre
- 10 weiblich / 10 männlich
- Test auf Farbfehlsichtigkeit negativ

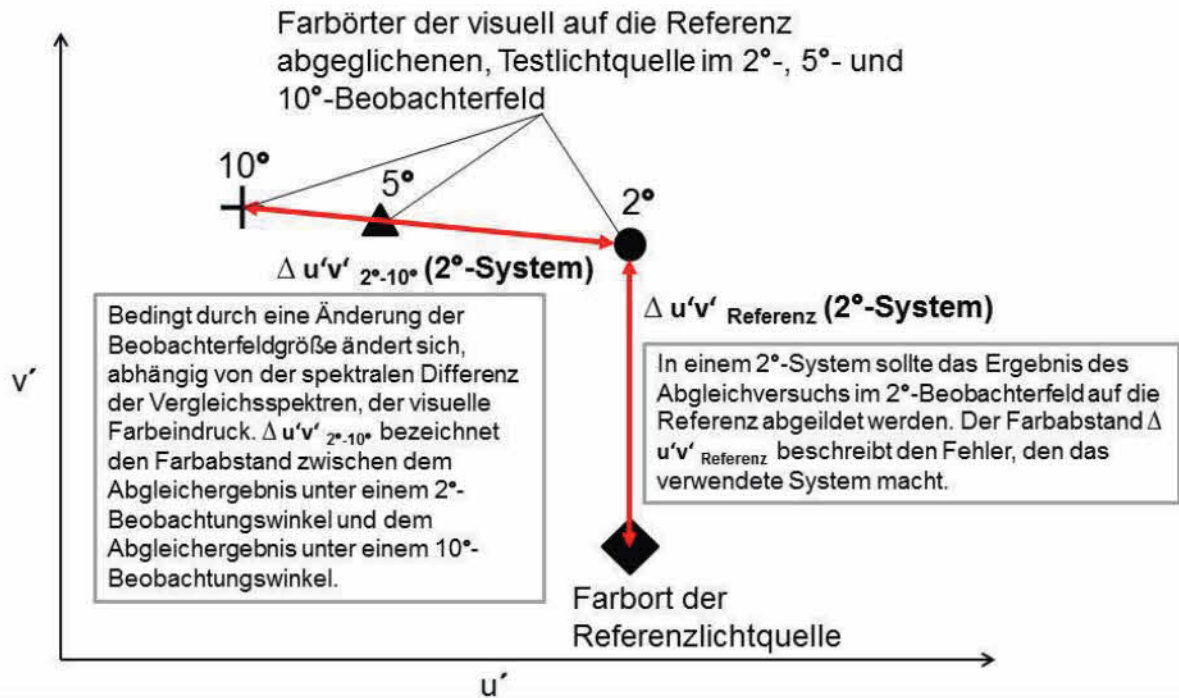
	max. Abweichung $\Delta u'v'$ <sub>1931</sub>
Homogenität auf Testfläche	< 0,0005
Referenzmessungen vor jeder Session (>100 Tage)	< 0,0012

	Leuchtdichte
Referenzfläche	Ca. 150 cd/m <sup>2</sup>
Testfläche	Ca. 150 cd/m <sup>2</sup>
Umgebung	Ca. 75 cd/m <sup>2</sup>

## Übersicht

- Motivation
- Versuchsaufbau
- **Ergebnisse ausgewählter Versuchsszenarien**
- Test unterschiedlicher Farbräume
- Einfluss der Beobachterfeldgröße
- Zusammenfassung

# Ergebnisschema

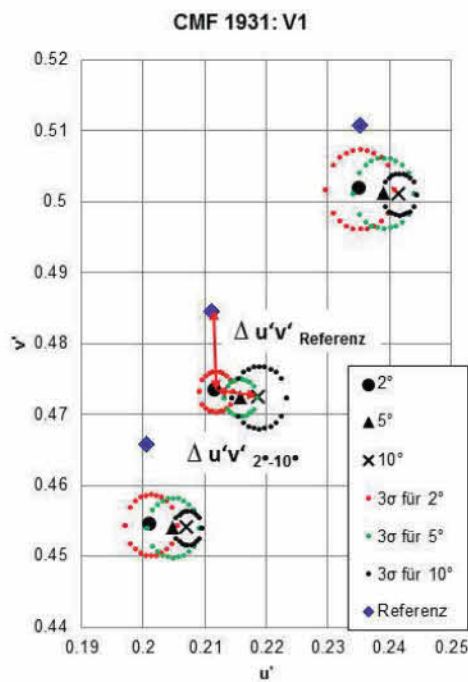


29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

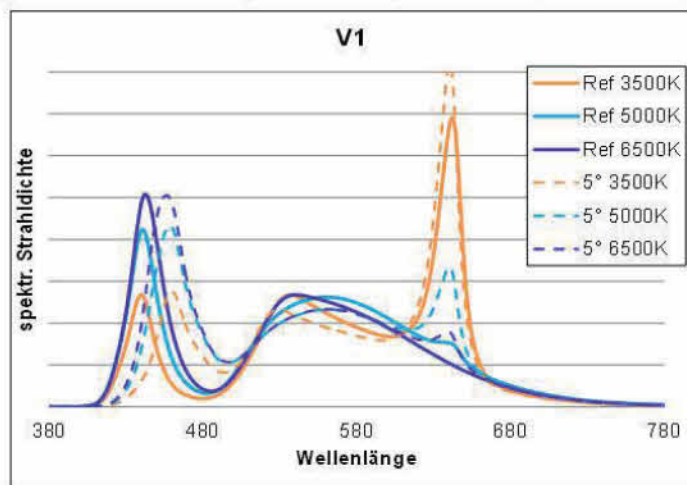
13

# Ergebnisse: Versuch 1



Referenz: TLR RGBW - rötliche weiße LED  
Test: TLG RGBW - grünliche weiße LED

	$\Delta u'v'$ Referenz	$\Delta u'v'$ 2°-10°
3500K	0,0089	0,0066
5000K	0,0116	0,0071
6500K	0,0117	0,0061

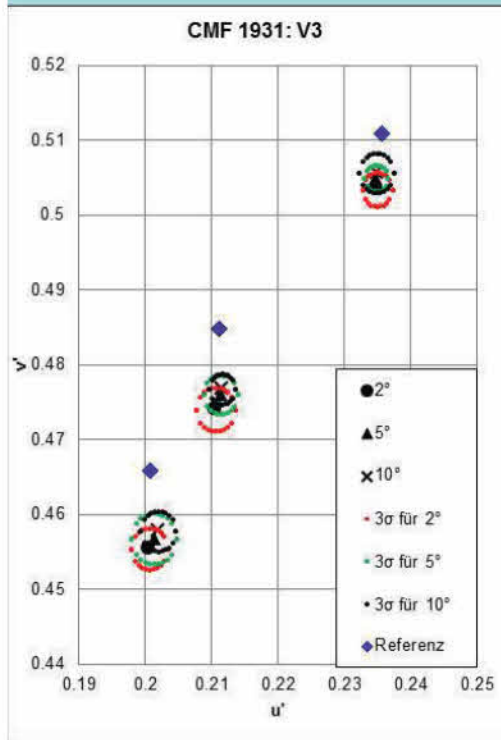


29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

14

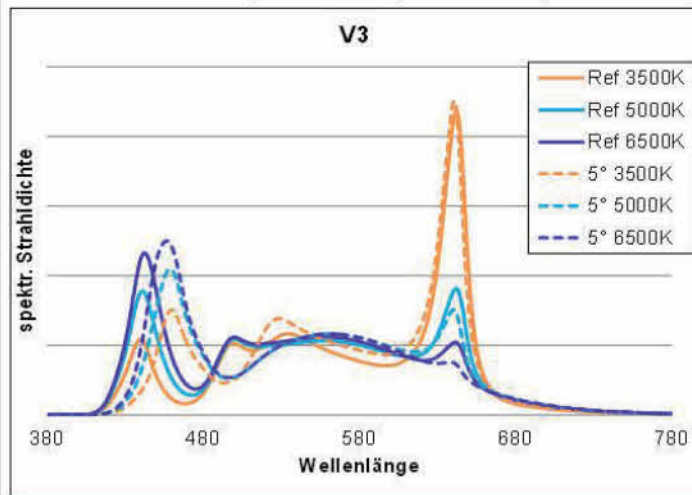
# Ergebnisse: Versuch 3



Referenz: TLR RGBW - rötliche weiße LED + Cyan  
Test: TLG RGBW - grünliche weiße LED

	$\Delta u'v'$ Referenz	$\Delta u'v'$ 2°-10°
3500K	0,0076	0,0025
5000K	0,0108	0,0030
6500K	0,0104	0,0028

● 2° ▲ 5° × 10°

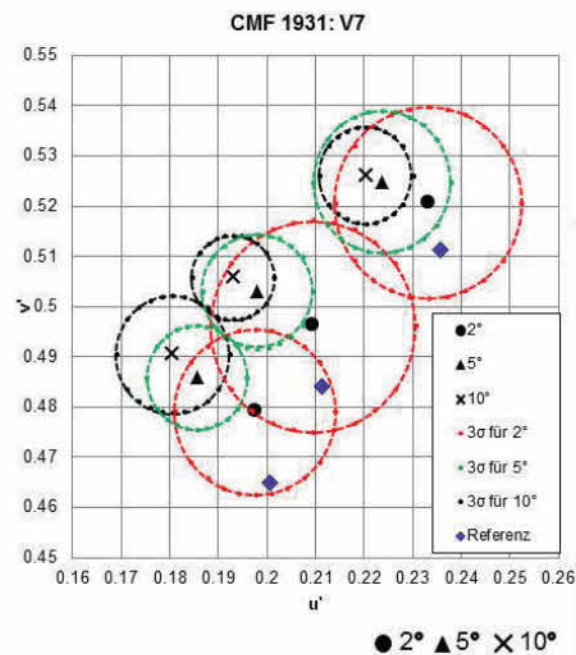


29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

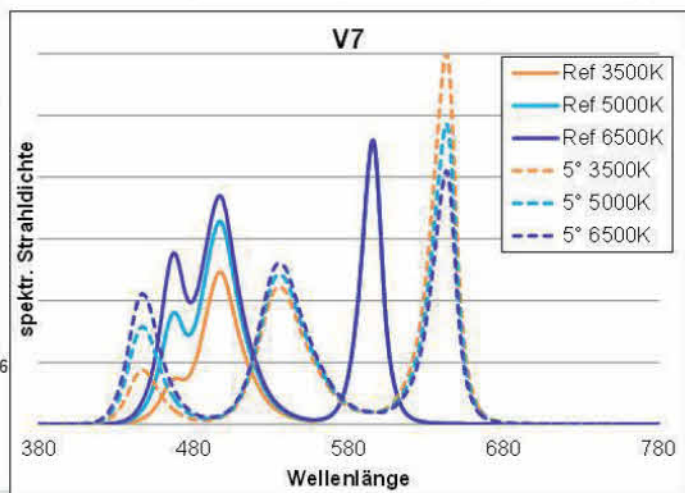
15

# Ergebnisse: Versuch 7



Referenz: Amber-Cyan-Blau-Mischung  
Test: RGB-Mischung

	$\Delta u'v'$ Referenz	$\Delta u'v'$ 2°-10°
3500K	0,0093	0,015
5000K	0,0115	0,0202
6500K	0,0144	0,0206



29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

16

## Zwischenergebnisse

- $\Delta u'v'$  Referenz
  - $\Delta u'v'_{2^\circ-10^\circ}$
  - Und die Interbeobachterstreuung
- sind abhängig von der spektralen Zusammensetzung der Vergleichsspektren

Keines der untersuchten Versuchsszenarien wird durch Spektralwertfunktionen von 1931 zufriedenstellend abgebildet

29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

17

## Übersicht

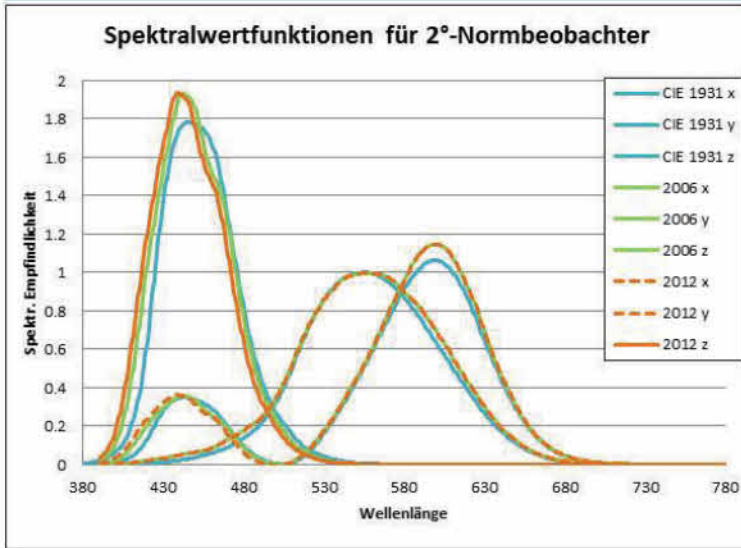
- Motivation
- Versuchsaufbau
- Ergebnisse ausgewählter Versuchsszenarien
- **Test unterschiedlicher Farbräume**
- Einfluss der Beobachterfeldgröße
- Zusammenfassung

29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

18

# Untersuchte Spektralwertfunktionen



Ziel ist es zu ermitteln auf Basis welcher Spektralwertfunktionen, bzw. spektralen Sehzapfen-Grundfunktionen der Farbabstand  $\Delta u'v'$  Referenz minimiert werden kann. Verglichen werden für die Ergebnisse der Abgleiche im 2°-Beobachterfeld die Spektralwertfunktionen der CIE von 1931, die Sehzapfen-Grundfunktionen-2° nach CIE170-1:2006 und eine Weiterentwicklung dieser Funktionen von 2012. Für das 10°-Beobachterfeld werden die 10°-Spektralwertfunktionen der CIE von 1964 mit den Sehzapfen-Grundfunktionen-10° nach CIE170-1:2006 und den weiterentwickelten Funktionen von 2012 verglichen.

Farbortberechnung in  $u'v'$ -Farbraum:

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$$

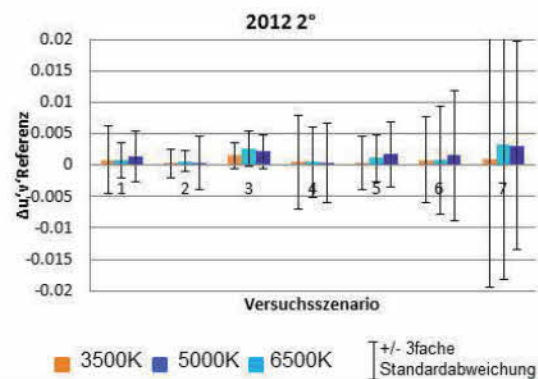
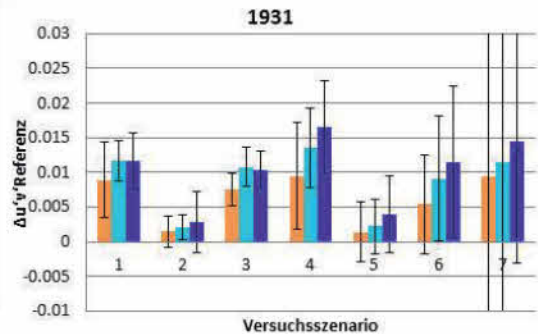
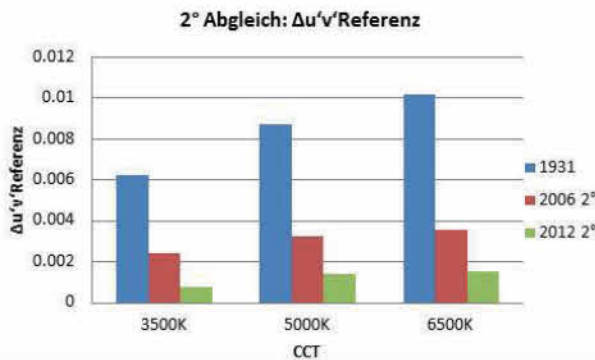
29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

19

## Ergebnisse: $\Delta u'v'$ Referenz

Die unten dargestellten  $\Delta u'v'$  Referenz-Werte stellen Mittelungen über die Ergebnisse aller Versuchsszenarien in den unterschiedlichen Systemen dar. Mit den neuen Sehzapfengrundfunktionen von 2012-2° kann der Fehler bei der Abbildung metamerer Spektren von Werten zwischen  $\Delta u'v'$  Referenz = 0,006 und  $\Delta u'v'$  Referenz = 0,01 auf Farbabstände unter  $\Delta u'v'$  Referenz = 0,002 reduziert werden. In den beiden Diagrammen auf der rechten Seite sind die Ergebnisse für jedes Versuchsszenario einzeln aufgetragen inklusive der dreifachen Standardabweichung.



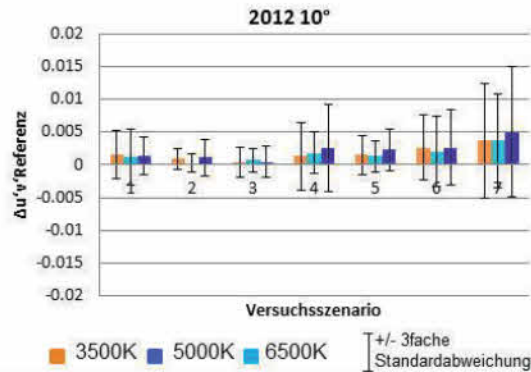
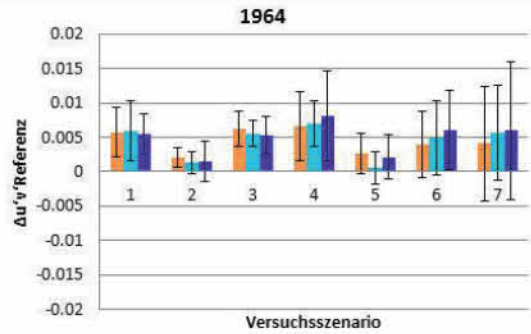
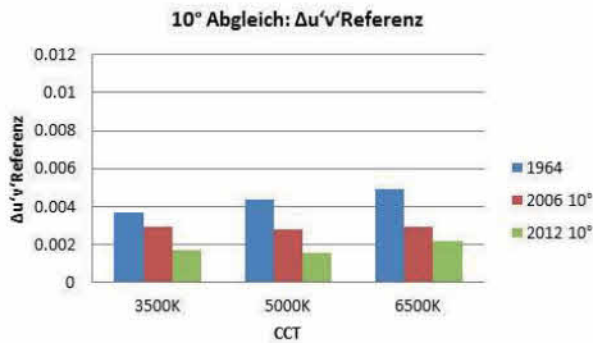
29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

20

# Ergebnisse: $\Delta u'v'$ Referenz

Die unten dargestellten  $\Delta u'v'$  Referenz -Werte stellen Mittelungen über die Ergebnisse aller Versuchsszenarien in den unterschiedlichen Systemen dar. Mit den neuen Sehzapfengrundfunktionen von 2012-10° kann der Fehler bei der Abbildung metamerer Spektren von Werten zwischen  $\Delta u'v'$  Referenz = 0,004 und  $\Delta u'v'$  Referenz = 0,005 (bei Verwendung der Spektralwertfunktionen CIE1964) auf Werte unter  $\Delta u'v'$  Referenz = 0,002 reduziert werden. In den beiden Diagrammen auf der rechten Seite sind die Ergebnisse für jedes Versuchsszenario einzeln aufgetragen inklusive der dreifachen Standardabweichung.

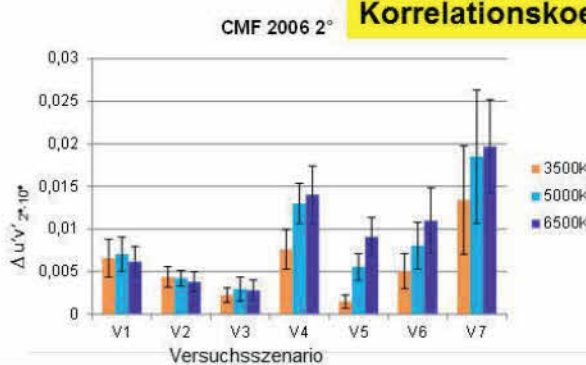
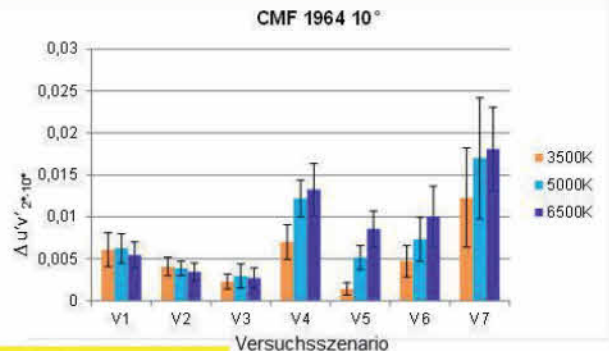
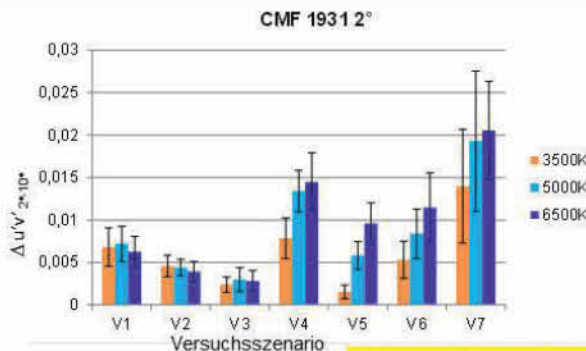


29.06.2013

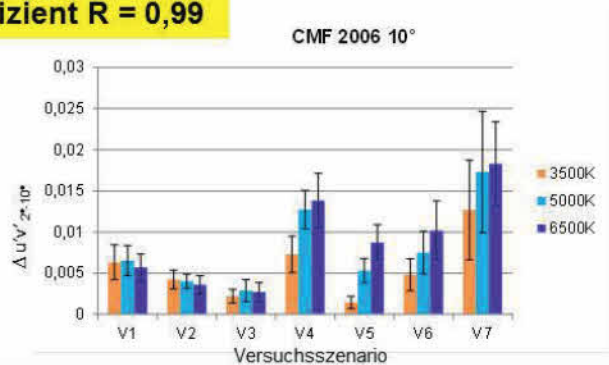
Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

21

# Ergebnisse: $\Delta u'v'_{2^\circ-10^\circ}$



**Korrelationskoeffizient R = 0,99**



29.06.2013

Saskia Polster | Fachgebiet Lichttechnik

22

## Zwischenergebnis

- Die Abbildung metamerer Spektren auf denselben Farbort wird mit den weiterentwickelten Sehzapfen-Grundfunktionen gut modelliert:

⇒ CMF2012-2°  
CMF2012-10°

### ABER

- Die visuell wahrgenommene Farbdifferenz zwischen zwei Spektren bei Betrachtung im 10°-Beobachterfeld trotz visueller Gleichheit im 2°-Beobachterfeld kann abhängig von der Spektralverteilung der zu vergleichenden Spektren größer als  $\Delta u'v'_{2^\circ-10^\circ} = 0,015$  werden.

⇒ Kein System kann zufriedenstellend den Farbeindruck einer großen beleuchteten Fläche modellieren, wenn der Einfluss der Beobachterfeldgröße zu groß ist

## Übersicht

- Motivation
- Versuchsaufbau
- Ergebnisse ausgewählter Versuchsszenarien
- Test unterschiedlicher Farbräume
- **Einfluss der Beobachterfeldgröße**
- Zusammenfassung

