Report 1 2012

ISSN 1860-2835

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG
Verantwortlich: Dr. Gerhard Rösler

Fotos und Vorträge von der DfwG-Jahrestagung in Braunschweig am 04.-06. Oktober 2011

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
im Deutschen Verband Farbe

Inhaltsverzeichnis Report 03 2011

Impressum..... 2
Liebe Farbgemeinde,..... 3
In Memoriam - Univ.-Prof. Dr.-Ing Horst Scheibner..... 4
Protokoll der Mitgliederversammlung der DfwG am 05. Oktober 2011 in Braunschweig..... 5
Nachtrag aus 2011: Kassenprüfprotokoll von Herrn Dr. Döring..... 7
Fotos von der Jahrestagung 2011 In Braunschweig..... 8
Achtzig Jahre CIE Farbmetrik.....17
Farberwartungen im Digitaldruck – Identische, medien-relative und konsistente Farben..37
Moderne Lichtquellen und innovative Messtechnik in der Photometrie 44
Vorschau DfwG Report 02 2012.....56

Impressum

ISSN 1860-2835

Titel: Gruppenfoto von der JT 2011 in Braunschweig, freundlicherweise zur Verfügung gestellt von der Bildstelle, Fotografie (interne Bezeichnung: Z.169) der PTB. Fotografin war Frau Susanne Stork.

Verleger und Herausgeber: Deutsche Farbwissenschaftliche Gesellschaft e. V.
Redaktion: Dr. Gerhard Rösler, Dipl.-Ing. Christina Hacker
Einzelheft: 10 Euro + Versandkosten
Der Bezugspreis der Zeitschrift ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
im Deutschen Verband Farbe

Präsident: Dr. Gerhard Rösler, Tel: 0172 89 44 173, E-Mail: Roesler_Gerhard@t-online.de
Vizepräsident: Prof. Dr. Bernhard Hill, Tel: 0241 802 7703, E-Mail: hill@ite.rwth-aachen.de
Schatzmeister: Dr.-Ing. 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: NN
Fluoreszenz: Dr. Claudio Puebla, Tel. 0 76 21 17 47 29, E-Mail: claudio.puebla@axiphos.com
Industrielle Farbtoleranzen: Dr. Gerhard Rösler, siehe oben
Multigeometrie Farbmessung: Dr. Gerhard Rösler, siehe oben

Internet: www.dfwg.de

März 2012

Liebe Farbgemeinde,

die Zeit seit der Jahrestagung, an der ich leider kurzfristig aus gesundheitlichen Gründen nicht teilnehmen konnte, ist wie im Flug vergangen. Mittlerweile bin ich wieder im Einsatz und lebe bewusster und bin dankbar für meinen Schutzengel. Ich bedanke mich herzlich bei unseren Gastgebern und Mitveranstaltern von der PTB, speziell bei H. Dr. Höpe und allen guten Geistern, die mitgewirkt haben, die Veranstaltung erfolgreich zu gestalten und vor allem auch den Vortragenden. Ich habe von Teilnehmern sehr positive Rückmeldungen bekommen. Und es ist auch schon wieder Zeit, die 38. Jahrestagung der DfwG anzukündigen. Sie wird auf Initiative von Prof. Hill an der RWTH Aachen stattfinden und zwar vom 9. – 11. Oktober 2012.
Wie in den beiden letzten Jahren werden wir am ersten Tag am Vormittag eine nicht öffentliche Sitzung des DIN FNF 24 „Farbtoleranzen in der Kfz - Lackierung" durchführen. Am Nachmittag wird die Sitzung dann öffentlich fortgesetzt, alle DfwG Mitglieder sind herzlich eingeladen teilzunehmen. Speziell das Thema visuelle Farbabmusterung von Effektlackierungen zur Bestimmung zulässiger Toleranzgrenzen Lackierungen mit verschieden starken Effekten ist aktuell und erfahrene Profis auf diesem Gebiet sind herzlich willkommen. Wir haben schon einige Vortragsanmeldungen, freuen uns aber über weitere interessante Vorträge zu unserem Thema Farbe, gerne auch von Anwendungen in der industriellen Praxis. Bitte senden Sie bis spätestens Ende Juni 2012 eine ½ seitigen Zusammenfassung in MS Word an Roesler_Gerhard@t-online.de.
Ich freue mich schon, viele Mitglieder der DfwG auf der Tagung zu treffen. Aber vorher werden Sie noch weitere Reports mit den Vorträgen von 2011 bekommen.

Herzliche Grüße

Ihr Gerhard Rösler

In Memoriam -

Univ.-Prof. Dr.-Ing Horst Scheibner

Horst Scheibner wurde am 3. Mai 1929 in Freiburg i. Br. geboren.
Nach Ableistung von Kriegshilfsdiensten legte er 1949 die Reifeprüfung ab.
Darauf folgte eine Lehre und Tätigkeit als Elektromechaniker. Im Jahr 1952 begann er das Studium der Elektrotechnik - Fachrichtung Lichttechnik - an der *TH Fridericiana* in Karlsruhe; Abschluss mit der Diplomprüfung (1957) und der Promotion (1963). Dem folgte ein Forschungsaufenthalt von 2 Jahren in den USA am *Center for Visual Science* in Rochester N.Y., anschließend ein halbes Jahr in Frankreich am *Centre Nationale de Recherche Scientifique*.

Nach seiner Rückkehr widmete er sich dem Studium von Farbphänomenen am *Max Planck – Institut* (1966 – 1975). In diese Phase fällt auch seine Habilitation an der *Justus Liebig – Universität* Gießen (1971). Schließlich rief ihn die *Heinrich-Heine-Universität* nach Düsseldorf. Dort wirkte er bis zum Eintritt des Ruhestandes im Jahr 1994. Auch danach blieb er selbstverständlich forschend aktiv, soweit es seine Krankheit zuließ, die ihn in späteren Jahren an den Rollstuhl fesselte. Glücklicherweise hat sie ihn nicht daran gehindert, sich täglich dem Klavierspiel zu widmen.

Wir alle, die wir den Vorzug genossen, ihn kennenzulernen, waren von seiner offenen, geradlinigen Wesensart beeindruckt. Wir wussten seinen Sachverstand zu schätzen, denn immer ging er den Dingen, die ihn beschäftigten, auf den Grund. Viele, denen er mit Rat und Tat stets hilfsbereit zur Seite stand, haben davon profitiert. Besondere Erwähnung verdient seine „mathematische Ader“, die sich schon von Anfang an zeigte, und die für seine gesamte Laufbahn charakteristisch bleiben sollte. Auch davon zeugen die vielen Publikationen seiner wissenschaftlichen Arbeit.
Schließlich sei von seinen vielen Ehrungen erwähnt, dass er Ehrenrat beim Deutschen Farbenzentrum e.V. war, und dass er zu Beginn dieses Jahres die Ehrenurkunde für 50 Jahre Mitgliedschaft bei der LiTG erhalten hat. Sein plötzlicher Tod am 19. Oktober 2011 hat uns schmerzlich überrascht.

Wir wollen ihn in Erinnerung behalten,
wie wir ihn alle kennen,
denn tot ist nur, wer vergessen ist.

Für seine Freunde vom „St. Xenon-Club“
Prof. Dr. Hans Gunther Wagner

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
im Deutschen Verband Farbe

Geschäftsstelle c/o Dipl.-Ing. Frank Rochow, Gralsburgsteig 35 , 13465 Berlin
Tel: 030 401 02 618, Fax: 030 401 42 49, E-Mail: offices@rochow-berlin.de

www.dfwg.de

Protokoll
der Mitgliederversammlung der DfwG am 05. Oktober 2011 in Braunschweig

Ort der Versammlung:	PTB Braunschweig, Bundesallee 100
Beginn der Versammlung:	17.00 Uhr
Ende der Versammlung:	17.20 Uhr

Anwesende Mitglieder lt. Anwesenheitsliste:

Frau Dr. Bieske
Herr Dr. Bodrogi
Herr Dr. Brauers
Herr Cramer
Herr Dietz
Herr Dr. Dörsam
Herr Dr. Frey
Herr Dr. Gabel
Herr Dr. Gauss
Herr Geuer
Herr Dr. Gläser
Herr Dr. Glatz
Herr Gliese
Herr Herold
Herr Dr. Hill
Herr Dr. Hubner
Herr Jaser
Herr Dr. Jung
Herr Karcher
Herr Dr. Kaufmann
Herr Dr. Kettler
Frau Klein
Frau Dr. Lübbe
Herr Pausch
Herr Petersilge
Herr Dr. Petschik
Herr Dr. Puebla
Herr Dr. Recktenwald
Herr Dr. Richter
Herr Rochow
Herr Dr. Steckert
Frau Thümer
Herr Dr. Witt
Herr Wobser

Die vorgeschlagene Tagesordnung:

1. **Genehmigung der Tagesordnung**
2. **Genehmigung des Protokolls der DfwG Mitgliederversammlung am 07. Oktober 2010 in Darmstadt**
3. **Kassenbericht 2010**
4. **Weiterentwicklung DfwG, Arbeitsgruppen**
5. **Verschiedenes**

Statt des wegen Krankheit abwesenden DfwG-Präsidenten, Herrn Dr. Rösler, eröffnet der Vizepräsident, Herr Dr. Hill, die Mitgliederversammlung um 17:00 Uhr und stellt fest, dass sie ordnungsgemäß einberufen wurde.

TOP 1 Genehmigung der Tagesordnung

Die Tagesordnung wird einstimmig genehmigt.

TOP 2 Genehmigung des Protokolls der Mitgliederversammlung am 7. Oktober 2010 in Darmstadt

Das Protokoll der Mitgliederversammlung 2010 wird bei zwei Enthaltungen einstimmig genehmigt.

TOP 3 Kassenbericht 2010

Der Schatzmeister, Herr Dr. Steckert, erläutert den von ihm erstellten Kassenbericht 2010, der bereits im Report 2011/1 veröffentlicht wurde.

Die Kassenprüfer, Herr Dr. Döring und Herr Dipl.-Ing. Reißmann, haben, aus Termingründen an separaten Tagen, Anfangs- und Endbestand der Kasse für das Jahr 2010, die Ausgabenbelege komplett und die Einnahmenbelege stichprobenartig geprüft und für korrekt befunden. Das Kassenprüfprotokoll von Herrn Reißmann wurde bereits im Report 2011/1 veröffentlicht, das von Herrn Dr. Döring wird gemeinsam mit dem Sitzungsprotokoll veröffentlicht. Beide Kassenprüfprotokolle wurden von Herrn Dr. Steckert während seines Kassenberichtes präsentiert.

Auf Antrag von Herrn Dr. Witt wird dem Schatzmeister bei drei Enthaltungen einstimmig Entlastung erteilt.

TOP 4 Weiterentwicklung DfwG, Arbeitsgruppen

Herr Dr. Hill gibt den Stand der Arbeitsgruppen, so wie er sich bei den vorangegangenen Sitzungen darstellte, wieder. In allen Bereichen warten noch viele offene Probleme auf Bearbeitung und Lösung.
Nach dem beruflich bedingten Rückzug des bisherigen Leiters der Arbeitsgruppe „Farbmetrik und Grundlagen“, Herrn Dr. Kettler, hat sich, auf Vorschlag von Prof. Khanh,
Herr Dr. Peter Bodrogi, bereit erklärt, diese Arbeitsgruppe ab sofort zu leiten.
Die Versammlung dankt ihm dafür.

TOP 5 Verschiedenes

Herr Dr. Hill lädt, auch im Namen von Herrn Prof. Aach, zur nächsten DfwG Jahrestagung vom 9. Oktober (Dienstag) bis 11. Oktober (Donnerstag) 2012, an die RWTH Aachen ein.

Herr Rochow dankt Herrn Gliese für seine langjährige Mitarbeit in der DfwG im Rahmen der Konica Minolta Mitgliedschaft. Herr Gliese hatte angekündigt, sich ab 2012 aus dem Farbmessumfeld zurückzuziehen.

Herr Rochow berichtet, Herr Dr. Döring habe anlässlich der Kassenprüfung darauf hingewiesen, dass die Formalien für die Wahl der Kassenprüfer und die Kassenprüfung selbst nirgends festgeschrieben sind.

Da die Kassenprüfung und die darauf folgende Entlastung des Schatzmeisters ein unverzichtbarer Punkt beim Jahresabschluss ist, regt Herr Rochow deshalb an, dass der Vorstand einen Geschäftsordnungsentwurf vorlegen wird, in dem die Prozedur verbindlich vorgeschrieben wird.

Die Mitgliederversammlung wird von Herrn Dr. Hill um 17:20 Uhr geschlossen.

Berlin, den 05.12.2011

Dipl.-Ing. Frank Rochow
(Sekretär)

Aachen, den 05.12.2011

Dr.-Ing. Bernhard Hill
(Vize-Präsident)

Nachtrag aus 2011: Kassenprüfprotokoll von Herrn Dr. Döring

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
im deutschen Verband Farbe

Protokoll
der Kassenprüfung für 2010

Am 23. September 2011 wurde die Prüfung der DfwG-Kasse für das Jahr 2010 durch den Kassenprüfer Dr. rer. nat. Günter Döring durchgeführt. Ort der Prüfung: Markelstraße 41A, 12163 Berlin (Wohnung des Prüfers).

Überprüft wurden Anfangs- und Endbestand der Kasse für das Jahr 2010, die Ausgabenbelege komplett und die Einnahmebelege stichprobenartig.

Ergebnis:

Die Geldmittel der DfwG per 31.12.2010 stimmen laut Auszügen der Berliner Sparkasse mit dem Endbestand überein, der sich aus dem Anfangsbestand per 31.12.2009 sowie den Einnahmen und Ausgaben im Geschäftsjahr 2010 ergibt.

Die Buchführung ist transparent und übersichtlich. Sowohl in der Einnahme-/Ausgabenliste als auch in den Kontoauszügen sind alle Kontobewegungen fortlaufend nummeriert. Das hat die Prüfung sehr erleichtert und angenehm gemacht.

Zusammenfassend wird aufgrund der Prüfung der Belege für das Kalenderjahr 2010 die Ordnungsmäßigkeit der Kassenführung der DfwG bescheinigt.

Berlin, den 24.9.2011

Dr. rer. nat. Günter Döring
(Kassenprüfer)

Fotos von der Jahrestagung 2011 In Braunschweig

Dienstag Abend: Vorbesprechung in der „Tollen Knolle“

Linkes Bild: Herr Höpe und Frau Lübbe

Rechtes Bild: Herr Höpe und Herr Glatz und Herr Herold

Linkes Bild: Herr Puebla, Frau Bieske, Herr Bechmann, Herr Recktenwald und Herr Gläser

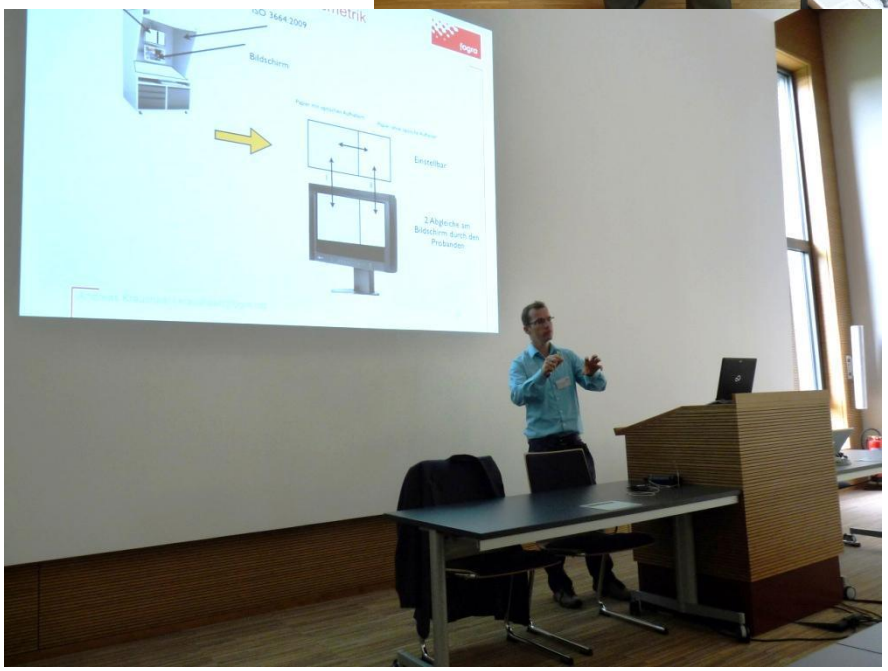
Rechtes Bild: Frau Bieske, Herr Puebla und Herr Dietz

Linkes Bild: Herr Cramer und Herr Frey

In der Pause

Linkes Bild: Herr Dietz, Herr Rochow und Prof. Hill

Rechtes Bild: Prof. Dörsam und Herr Krüger



Linkes Bild: Herr Kraushaar

Während der Mittagspause

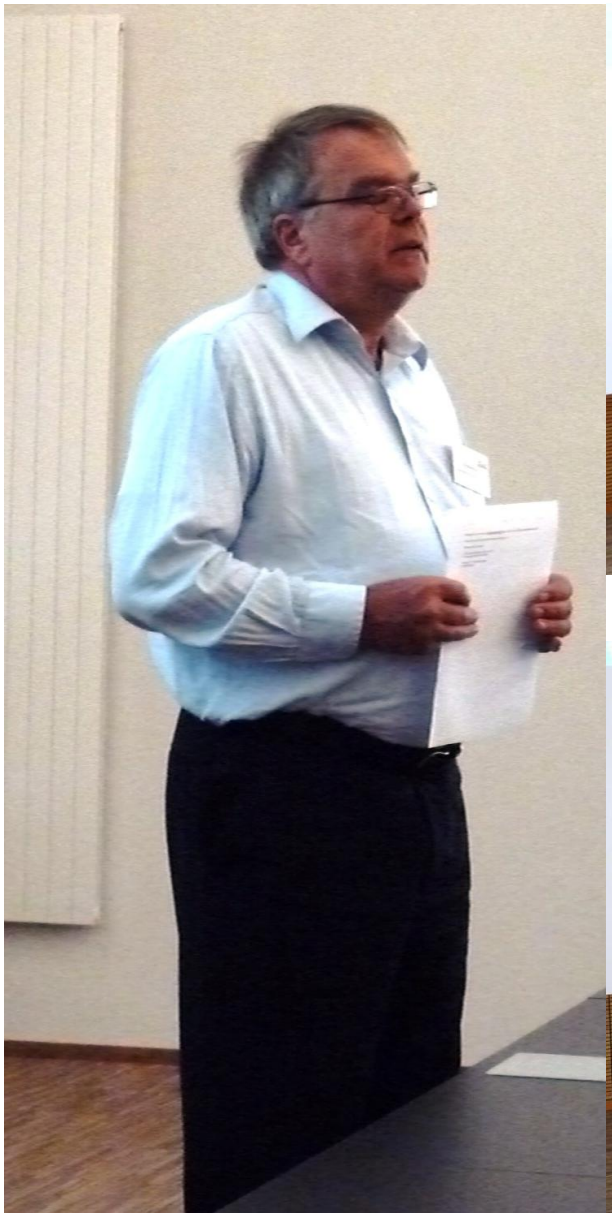
Linkes Bild: Prof. Hill, Prof. Schanda und Herr Rochow

Rechtes Bild: Prof. Hill

Linkes Bild: Prof. Hill gratuliert Herrn Rochow zur 30 jährigen Mitgliedschaft in der DfwG

Der DfwG Förderpreisträger 2012 Herr Brauers

Rechts: Prof. Schanda



Herr Gabel

Oben: Herr Riele und Prof. Hill

Prof. Schanda und Prof. Hill

Mittwochabend im Restaurant „La Cupola“

Linkes Bild (von links nach rechts): Herr Gläser, Herr Herold, Herr Kettler, Herr Petersilge und Herr Steckert

Vielen Dank an die Fotografen: Herr Cramer, Herr Höpe und Herr Rochow.

Achtzig Jahre CIE Farbmetrik

Prof. Janos Schanda, Universität Pannonia, Ungarn

Übersicht

- 1931: Geburt der CIE Farbmetrik
- Die ersten fünfzig Jahre
- Neubewertung der Grundlagen der Farbmetrik
  - CIE TC 1-36
- Farbwiedergabe
- Und die Zukunft?

1931: Geburt der CIE Farbmetrik

- Vorläufer der CIE Farbmetrik:
  - Newton & Young – Helmhotz – Maxwell
  - Grassman – König – Abney
  - Munsell – Ostwald
- 1924: CIE $V(\lambda)$, Ives & Gibson
  - König-Ives@ Guild Transformationen der Farbmischkurven
- 1930: Vergleich von Messresultaten zwischen Guild und Wright
- Standard-Quellen: Glühlampe & Davis-Gibson Filter

3

1931: Geburt der CIE Farbmetrik

- 18. Sept. 1931 Cambridge Trinity College CIE Farb-Komitee Tagung, Teilnehmer: Deutschland, Frankreich, Groß-Britannien, Japan, die Niederlande, USA

COMMISSION INTERNATIONALE
DE L'ÉCLAIRAGE
EN SUCCESSION À LA
COMMISSION INTERNATIONALE DE PHOTOMÉTRIE

HUITIÈME SESSION
CAMBRIDGE—SEPTEMBRE 1931

RECUEIL DES TRAVAUX ET
COMPTE RENDU DES SÉANCES

4

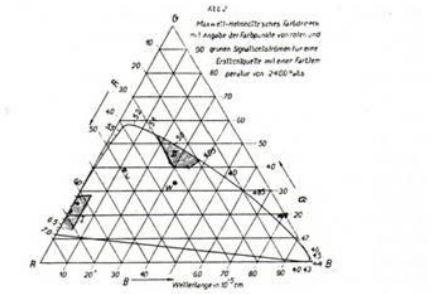
Resolutionen

1. r,g,b „trichromatische Koeffizienten" des Normbeobachters; relative Leuchtdichten: 1:5,5907:0,0601; Gegenstimmen: Deutschland, Frankreich
2. Normlichtarten A, B, C; Gegenstimmen: Frankreich
3. Messgeometrie: 45°:Normal; Gegenstimmen: Deutschland, Frankreich
   3.a: Für Reflexionsmessung Normal: MgO; Gegenstimme: Frankreich
4. Grundvalenzen müssen unabhängig sein; Gegenstimmen: Deutschland, Frankreich
5. RGB – XYZ Transformation; Gegenstimmen: Deutschland, Frankreich

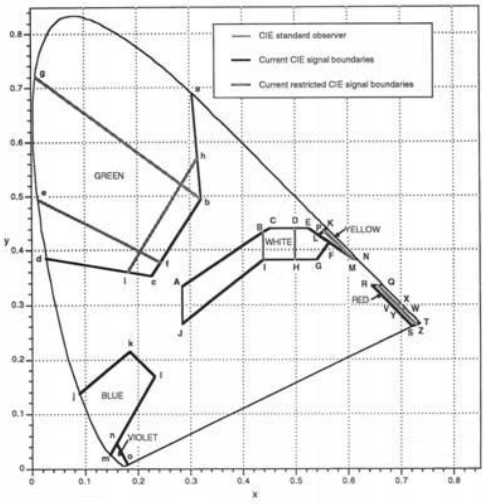
5

Die ersten 50 Jahre

- Ursprüngliche Aufgabe: Beschreibung der Signallichter



Toleranzen für Signallichter nach Dziobek und Pirani, 1928

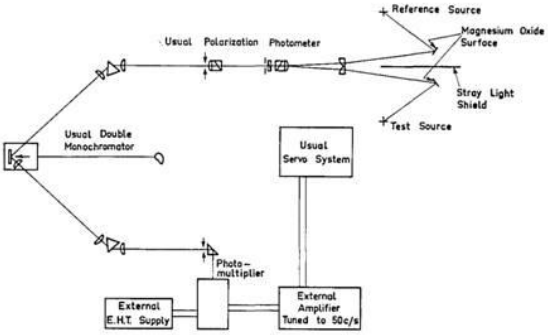


Grenzen für Signallichter, CIE 2.2-1975

6

Die ersten 50 Jahre

- Industrielle Anwendung der Farbmessung:
  - Hardy Spektralphotometer und Dreibereichs-Integrator
  - Farbrezepturberechnung

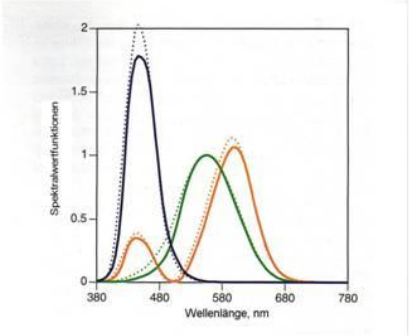


Davidson & Hemmendinger COMIC 1 Farbmischcomputer

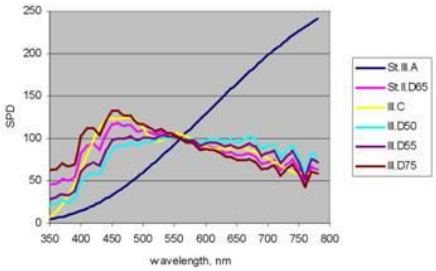
7

Die ersten 50 Jahre

- 10° Beobachter – unabhängig von $V(\lambda)$
- Gleichförmiger Farbraum: *experimentelle* Modelle: CIELUV & CIELAB
- CIE-Normlichtarten
- Farbwiedergabe???



2° und 10° Beobachter



CIELAB Farbkörper

8

Blick in die Kristallkugel in 1981
Eine Matrix-Zusammenstellung

- Aufgaben der CIE
  - 1. Initialisieren der experimentellen Arbeit
  - 2. Einsammeln der Ergebnisse und fördern der einheitlichen Anwendung
  - 3. Standardisieren
- Forschungsgebiete
  - .1 Grundlegende reduzierte Erscheinungen
  - .2 Objektive Messungen
  - .3 Beschreibung der Wahrnehmung von realen Szenen

CIE Aufgaben	.1 Grund-erschei-nungen	.2 Messen	.3 Reale Szenen
1. Initialisieren	1.1	1.2	1.3
2. Sammeln & Fördern, Richtlinien	2.1	2.2	2.3
3. Standardi-sieren	3.1	3.2	3.3

9

Blick in die Kristallkugel in 1981

- 1.1 Grundlagen
  - Spektralwertfunktionen: Leuchtdichteabhängigkeit
  - Helligkeit
  - Farbumstimmung
  - Farbe von Lichtblitzen
- 2.1 Richtlinien – Grundlagen
  - Richtlinien für visuelle Untersuchungen
  - CIE Publ. 15 in 2 Teilen:
    - Richtlinien der Farbmessung
    - Zusammenfassender Überblick
- 3.1 Standardisierung
  - CIE Standards der Farbmessung

10

Blick in die Kristallkugel in 1981

- 1.2 Messtechnische Forschung
  - Normlichtquellen – Simulatoren
- 2.2 Richtlinien der Messungen
  - Beschreibung der Leistung von Instrumenten
  - Weißgrad-Messung
- 3.2 Normen für Farbmessung, Messtechnik

11

Blick in die Kristallkugel in 1981

- 1.3 – 2.3: Initialisieren und Fördern von Arbeiten im Gebiet der realen Szene
  - Viele offene Fragen: harmonische Farbabstände, große und kleine Farbabstände, Adaptation, etc.

12

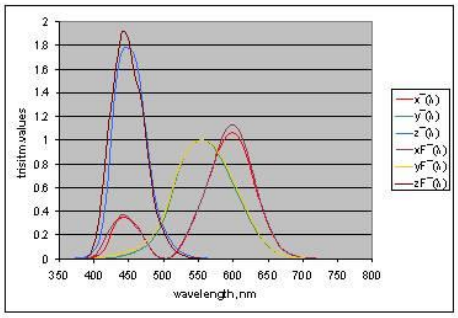
Blick in die Kristallkugel in 1981-2011

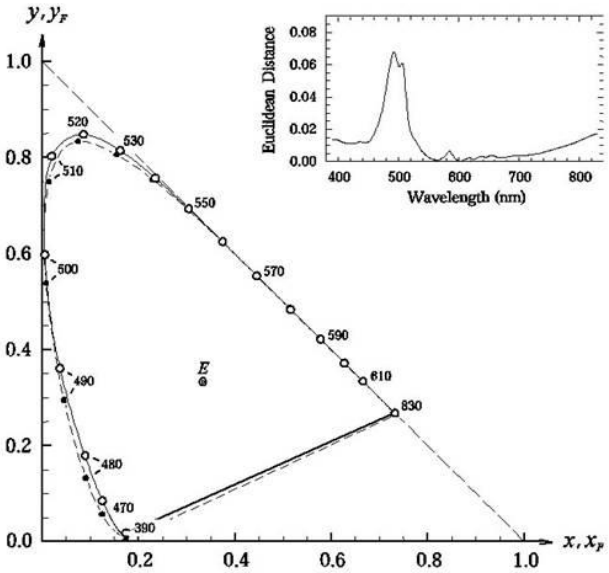
- 1.1 Grundlagen
  - Spektralwertfunktionen: Leuchtdichteabhängigkeit
  - Helligkeit
  - Farbumstimmung
  - Farbe von Lichtblitzen
- 2.1 Richtlinien – Grundlagen
  - Richtlinien für visuelle Untersuchungen
  - CIE Publ. 15 in 2 Teilen:
    - Richtlinien der Farbmessung
    - Zusammenfassender Überblick
- 3.1 Standardisierung
  - CIE Standards der Farbmessung

13

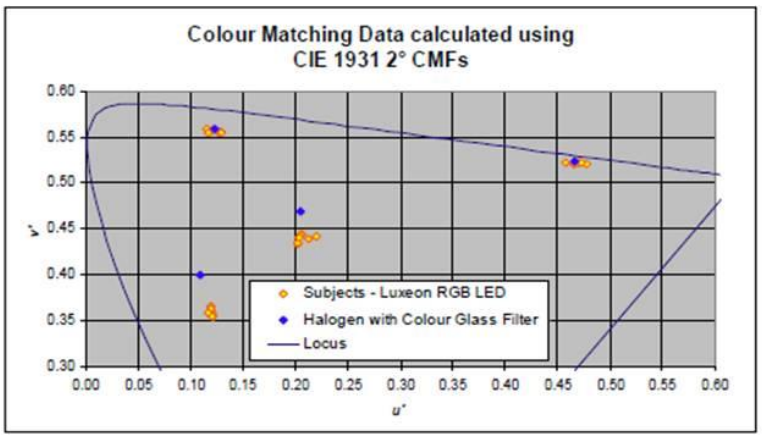
30 Jahre später

- Grundlegende Farbtafel mit physiologischen Achsen
  - neue Spektralwert-Funktionen

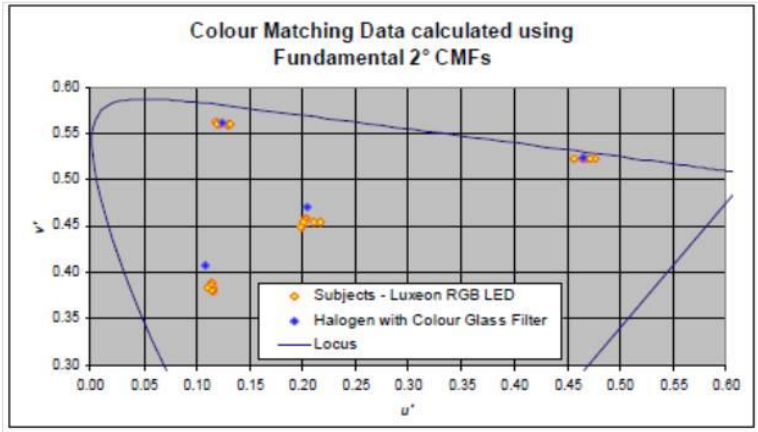




14

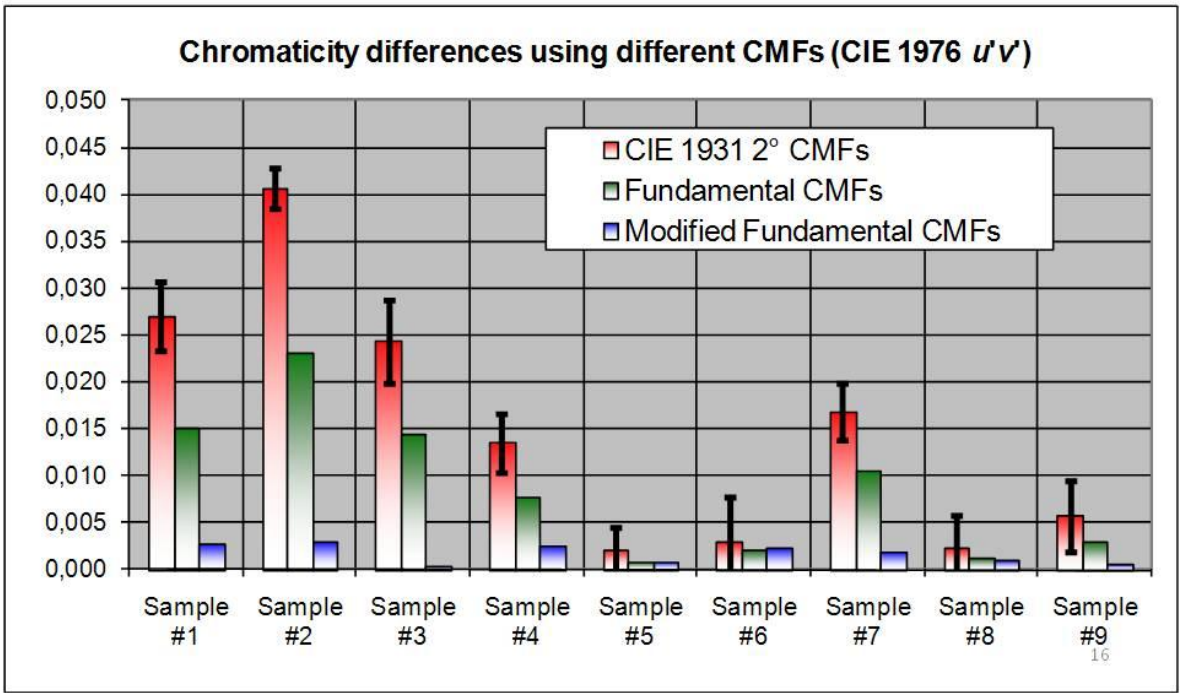


- Visueller versus instrumenteller Farbabgleich:
  - Anwendung der neuen Farbwert-Funktionen



15

Mögliche Weiterentwicklung



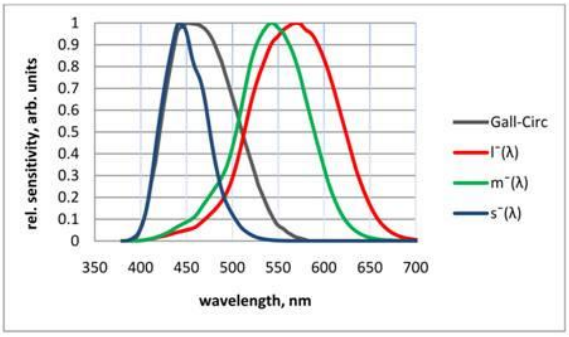
Blick in die Kristallkugel in 1981-2011

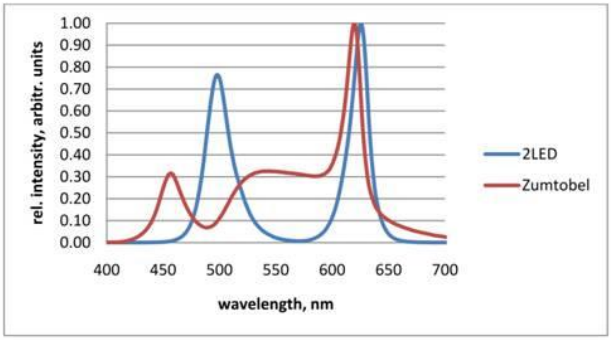
- 1.1 Grundlagen
  - Spektralwertfunktionen: Leuchtdichteabhängigkeit
  - Helligkeit
  - Farbumstimmung
  - Farbe von Lichtblitzen
- 2.1 Richtlinien – Grundlagen
  - Richtlinien für visuelle Untersuchungen
  - CIE Publ. 15 in 2 Teilen:
    - Richtlinien der Farbmessung
    - Zusammenfassender Überblick
- 3.1 Standardisierung
  - CIE Standards der Farbmessung

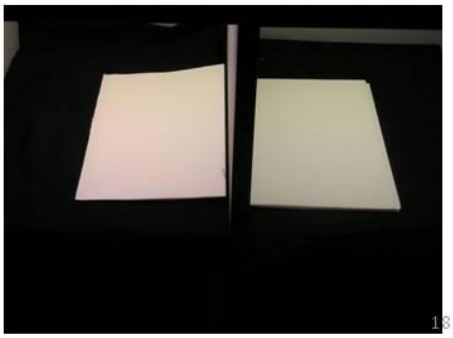
17

30 Jahre später

- Helligkeit
  - Einfluss der „intrinsically photosensitive Retinal Gangion Cells" (ipRGC)
- TC 1-80: Research Methods for Psychophysical Studies of Brightness Judgements







18

Relative Leistung in den ipRGC-, S-Zapfen- und Stäbchen-Emfindlichkeitsbereichen verglichen mit dem Lichtstrom

LED	*ipRGC/Lichtstrom*	*S-Zapfen/Lichtstrom*	*Stäbchen/Licht-strom*
2 LED Kombination	0,73	0,22	1,1
Zumtobel Leuchte	0,39	0,23	0,56

Helligkeitsresultate der weißen Proben beleuchtet mit den 2 LED und der "Zumtobel" Lichtquelle

Versuchspersonen-zahl	4 (1<35Y,0>65Y)	15 (1<35Y,4>65Y)	6 (1<35,1>65Y)
Rel. Helligkeit (2 LED/"Zumt.")	0,86	1,20	1,02
% Streuung	2,1	9,9	3,1

19

Blick in die Kristallkugel in 1981-2011

- 1.1 Grundlagen
  - Spektralwertfunktionen: Leuchtdichteabhängigkeit
  - Helligkeit
  - Farbumstimmung
  - Farbe von Lichtblitzen
- 2.1 Richtlinien – Grundlagen
  - Richtlinien für visuelle Untersuchungen
  - CIE Publ. 15 in 2 Teilen:
    - Richtlinien der Farbmessung
    - Zusammenfassender Überblick
- 3.1 Standardisierung
  - CIE Standards der Farbmessung

20

30 Jahre später

- Farbumstimmung – Farbwahrnehmungsmodelle
  - CIECAM02 und CIECAT Umstimmung
  - TC 1-75: A Comprehensive Model of Colour Appearance
  - CIE Publ. 162:2010: (incl. Erratum 1): Chromatische Adaptation bei gemischten Beleuchtungsbedingungen
  - Für den Vergleich von Bildern auf Bildschirmen und gedruckten Bildern ("Softcopy" und "Hardcopy")

21

Blick in die Kristallkugel in 1981-2011

- 1.1 Grundlagen
  - Spektralwertfunktionen: Leuchtdichteabhängigkeit
  - Helligkeit
  - Farbumstimmung
  - Farbe von Lichtblitzen
- 2.1 Richtlinien – Grundlagen
  - Richtlinien für visuelle Untersuchungen
  - CIE Publ. 15 in 2 Teilen:
    - Richtlinien der Farbmessung
    - Zusammenfassender Überblick
- 3.1 Standardisierung
  - CIE Standards der Farbmessung

22

30 Jahre später

- CIE Publ. 15 wird erweitert mit den Beschreibungen, die in den letzten Jahren in anderen Publikationen erschienen sind
- CIE Standards in Colorimetry
  - TC 1-57: Standards in Colorimetry
  - Erschienene Standards:
    - ISO 11664-1:2007(E)/CIE S 014-1/E:2007: Joint ISO/CIE Standard: Colorimetry — Part 1: CIE Standard Colorimetric Observers

      ISO 11664-2:2007(E)/CIE S 014-2/E:2006: Joint ISO/CIE Standard: Colorimetry — Part 2: CIE Standard Illuminants for Colorimetry

      CIE S 014-3/E:2011: Colorimetry - Part 3: CIE Tristimulus Values

      ISO 11664-4:2008(E)/CIE S 014-4/E:2007: Joint ISO/CIE Standard: Colorimetry — Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour Space

      ISO 11664-5:2009(E)/CIE S 014-5/E:2009: Joint ISO/CIE Standard: Colorimetry — Part 5: CIE 1976 L*u*v* Colour Space and u', v' Uniform Chromaticity Scale Diagram

23

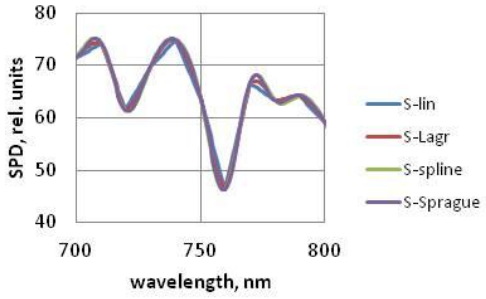
Blick in die Kristallkugel in 1981-2011

- 1.2 Messtechnische Forschung
  - Normlichtquellen – Simulatoren
- 2.2 Richtlinien der Messungen
  - Beschreibung der Leistung von Instrumenten
  - Weißgrad-Messung
- 3.2 Normen für Farbmessung, Messtechnik

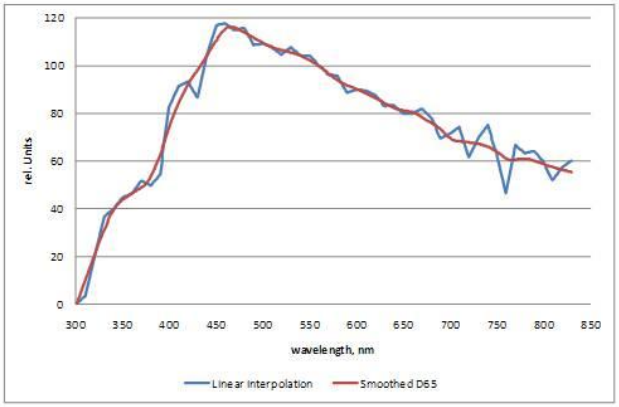
24

30 Jahre später

- Normlichtquellen – Simulatoren
  - TC 1-74: Methods for Re-defining CIE D illuminants
    - Glätten der Kurven
  - CIE Publ. 184:2009: Lichtarten für Tageslicht in Innenräumen



Klassisches Glätten mit Spline oder Sprague Funktionen



Glätten mit LOWESS

25

Blick in die Kristallkugel in 1981-2011

- 1.2 Messtechnische Forschung
  - Normlichtquellen – Simulatoren
- 2.2 Richtlinien der Messungen
  - Beschreibung der Leistung von Instrumenten
  - Weißgrad-Messung
- 3.2 Normen für Farbmessung, Messtechnik

26

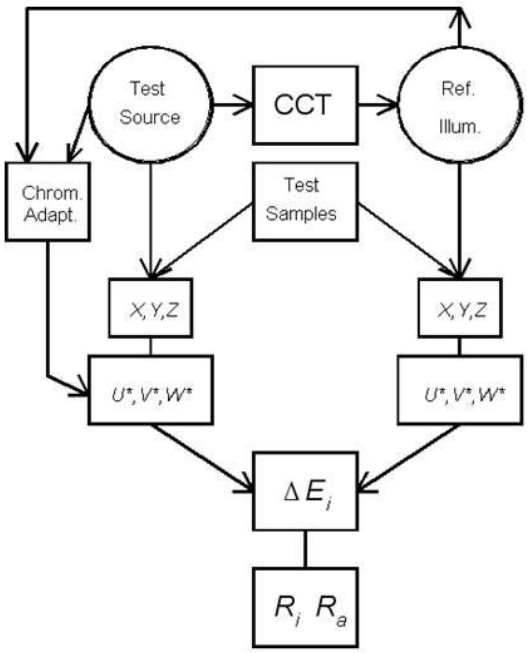
30 Jahre später

- Richtlinien:
  - CIE Publ.127-2007: Messung von LEDs (2nd ed)
  - CIE Publ. 179:2007: Methoden zur Charakterisierung von Dreibereichsfarbmessgeräten für die Messung der Farben von Selbstleuchtern
  - CIE Publ.176:2006: Toleranzen der Messgeometrie für Farbmessungen
  - CIE Publ. 198:2011 Determination of Measurement Uncertainties in Photometry
- Weißgrad:
  - TC 1-77: Improvement of the CIE Whiteness and Tint Equations

27

Ein allergischer Punkt: Farbwiedergabe

- 1948: Spektrumband-Methode
- 1964: Publ. 13, Testmuster Methode
- 1974: Publ.13.2, Ergänzte Testmuster-Methode
- Probleme:
  - Veralteter Farbraum
  - Farbumstimmungs-Formel
  - Testmuster
- Weitere TCs , die an der Modernisierung der Farbwiedergabe gearbeitet haben: 1988, 1999, 2007



28

Mögliche Weiterentwicklungen

- Skalengröße (gamut area)
- Farbdiskrimination
- Kontrastempfindung
- Schmeichelindex (flattery Index) – Farbpräferenz
- Farbqualitätsskala (Colour Quality Scale)
- Harmonie-Index
- Farb-Erinnerungsindex (Memory CRI)

29

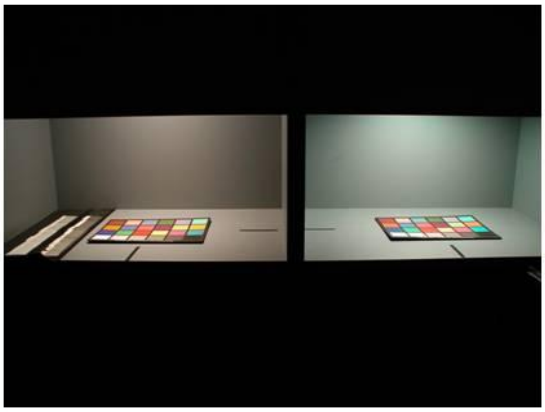
TC 1-69, Festlegungen in 2011

- 2 Beschreibungen
  - Farbtreue (colour fidelity)
  - Farbpräferenz

30

Untersuchungen

- Vergleiche in Boxen und in Räumen



31

Farbentreue

- Korrelation zwischen visuellen und berechneten Werten

Lichtquelle	CIE 13.2	CIELAB	CIECAM02
CoolWhite CFL(940)	-0,39	-0,42	-0,29
CoolWhite CFL(840)	0,67	0,57	0,64
CoolWhite Fl., tradit.	0,69	0,50	0,75
CoolWhite Tri-band	0,49	0,47	0,60
P-LED	-0,62	-0,37	0,04
RGB-LED 1	0,75	0,74	0,79
RGB-LED 2	0,82	0,82	0,89

32

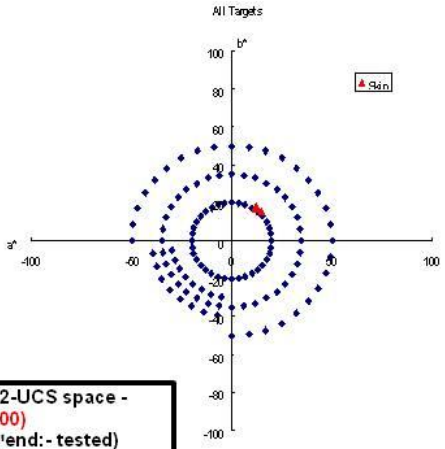
Probleme mit den Testmustern

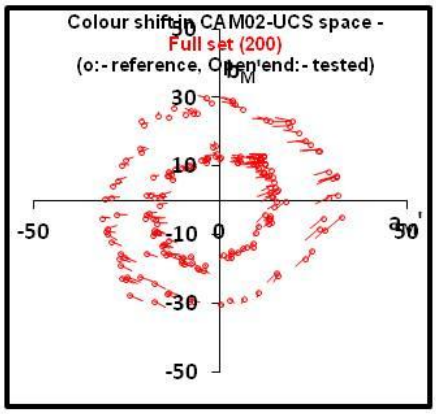
		3-LED-1	3-LED-2	3-LED-3	3-LED model gamut	4-LED-1 max Ra	4-LED-2 max R(9-12)	4-LED no yellow	4-LED with yellow	Ph-LED YAG
	ΔE^*_{ab}	CAM02-Ri								
CIE1		93,5	77,9	90,5	79,4	97,6	89,7	88,6	98,7	83,2
5	4,93	68,0	95,1	92,1	89,0	88,5	82,0	92,8	87,9	76,5
19	3,54	91,0	80,7	89,8	78,7	97,5	91,4	88,3	96,3	88,5
31	1,07	77,9	61,5	75,5	66,5	97,9	70,9	94,7	95,7	83,3
CIE2		89,3	82,5	**98,0**	88,8	93,7	90,3	89,5	88,7	97,3
2	5,57	70,9	91,3	74,3	71,1	90,9	96,1	92,4	90,7	91,7
4	2,20	78,5	71,2	77,8	78,0	85,9	84,9	70,6	91,6	91,3
14	9,32	71,8	78,3	88,7	86,3	94,8	88,6	80,5	84,2	94,8
18	4,13	88,2	72,1	92,8	84,6	97,4	87,7	90,5	84,2	85,6
20	5,77	86,8	85,2	**67,8**	51,9	92,5	88,2	84,4	88,3	93,5
24	6,38	74,2	89,1	91,0	83,9	82,8	82,5	89,4	76,7	98,1
25	8,87	86,4	85,2	75,6	48,4	89,5	91,1	78,7	84,1	90,7

33

nCRI Colour Fidelity Metrik

- 2-mal 90 Testmuster + 5 Hauptfarben
  - 3 Helligkeitsstufen
  - 2 Chroma-Stufen
  - 10°Buntton-Stufen
- 10° Beobachter
- CIECAM02 Farbenraum
- DE2000 Farbabstandsformel
- Nichtlineare Farbabstand-CRI Umrechnung
- Quadratischer Mittelwert

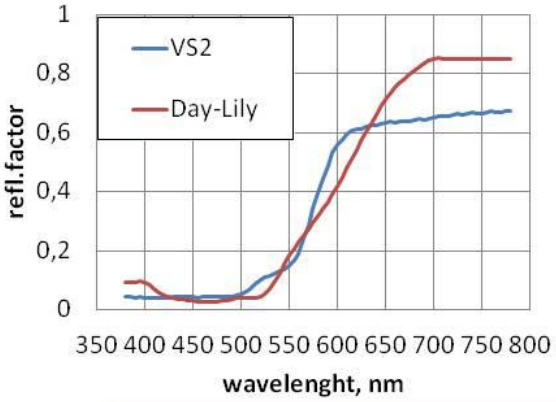


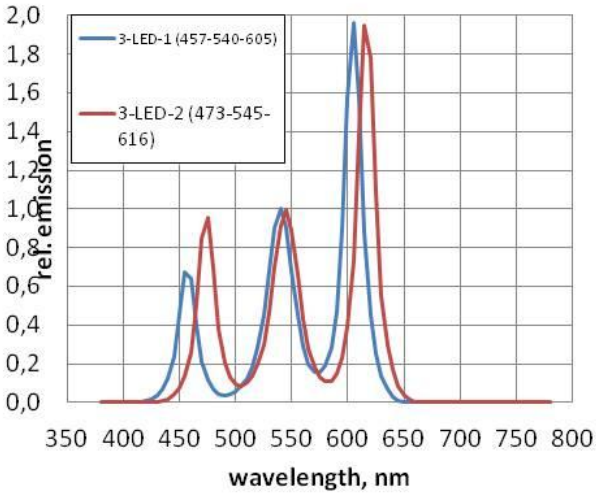


34

Mögliche Präferenz-Metrik

- Davis & Ohno CQS
- Problem mit Muster





LED	CQS #2	Day-Lily
3-LED-1 (457-540-605)	83,7	51,5
3-LED-2 (473-545-616)	52,2	87,3

35

Präferenz-Untersuchungen

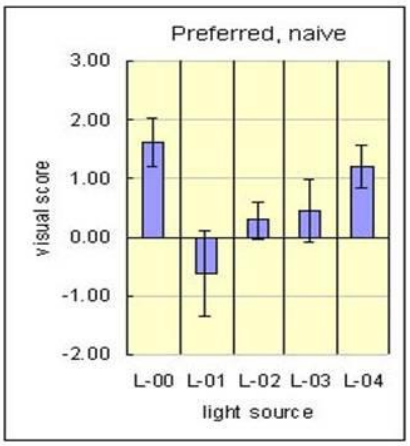
- 5 Lichtquellen
  - Absolute Präferenz für natürliche Objekte
  - Relative Präferenz für Bilder
  - Fragen:
    - Lebhaftigkeit
    - Natürlichkeit
    - Präferierte Farben

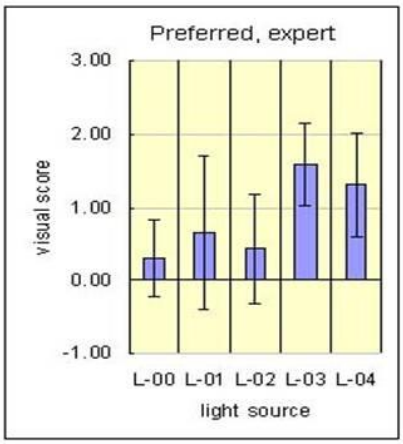
Lichtquellen /Box	Lichtquellen	Beleuchtung / lx
L-00	Glühlampe	721
L-01	RGB-LED	716
L-02	CFL	684
L-03	Ph-LED	682
L-04	P/L LED-bulb	690

36

Präferenz: Natürliche Objekte

Unterschied zwischen Laien und Experten als Beobachter



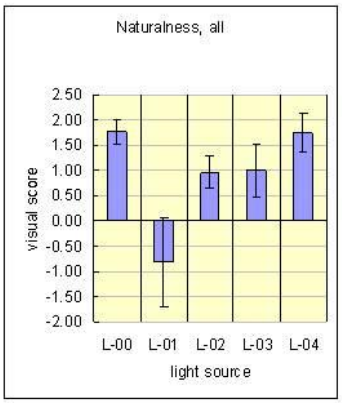


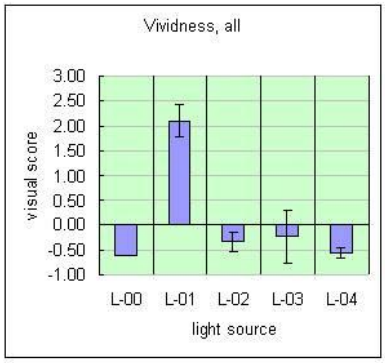
37

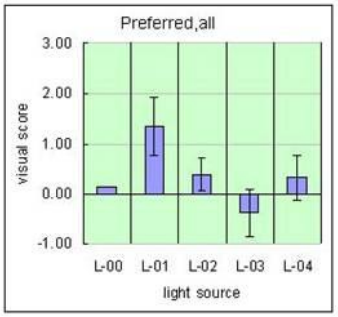
Präferenz Untersuchung

Hängt von der Frage ab:

- natürlich
- lebhaft
- präferiert



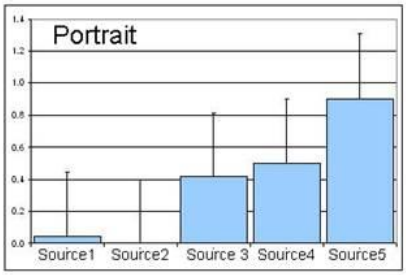


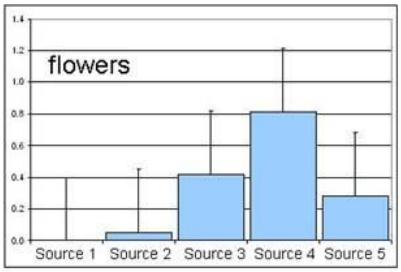


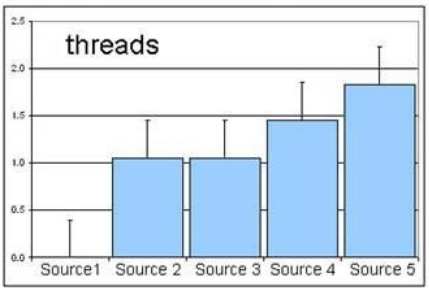
38

Abhängigkeit vom Objekt:

- Porträt (portrait)
- Blumen (flowers)
- Fäden (threads)







39

Und die Zukunft?

- Praktische Implementierung besserer Spektralwertfunktionen
- Farberscheinungsmodelle für Bilder
- Multidimensionale Beschreibung der Farbwiedergabe von Lichtquellen

40

Achtzig Jahre CIE Farbmetrik

Janos Schanda
Universität Pannonia, Ungarn

1

Farberwartungen im Digitaldruck – Identische, medien-relative und konsistente Farben

Andreas Kraushaar, FOGRA, München

DfwG, 2011

2. Vorhersagbarkeit versus Originaldrucker

20 Dienstleister ⇒ 20 Original

20 Dienstleister
⇒ 1 Reproduktion

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 4

DfwG, 2011

2. Farbwiedergabe in der Wissenschaft

in der Lichttechnik

Auswirkung einer Lichtart auf den Farbeindruck von Objekten, die mit ihr beleuchtet werden, im bewussten oder unbewussten Vergleich zum Farbeindruck der gleichen Objekte unter einer Bezugslichtart".

Allgemein (6 bzw. 5 Kategorien) ⇒ Hunt, R. W. G:, Fairchild, M.

- die geräteabhängige Farbwiedergabe
- die angenehme Farbwiedergabe
- die farbmetrische Farbwiedergabe
- die wahrnehmungsorientierte Farbwiedergabe und
- die bevorzugte Farbwiedergabe
- die spekatrale Farbwiedergabe

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 5

DfwG, 2011

3. Farbwiedergabe in der grafischen Industrie

Standardisierung ⇒ Objektive Bewertung

- Farbmessung muss das visuelle Urteil nachstellen
- Farbwissenschaft ermöglicht die Beurteilung von Farbabständen aber (noch) nicht von unterschiedlichen Farben

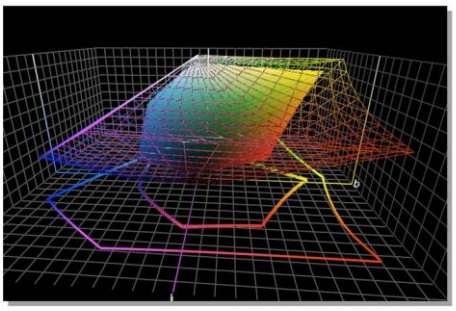
Colour Differences ✔ Different Colours ✖

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 6

DfwG, 2011

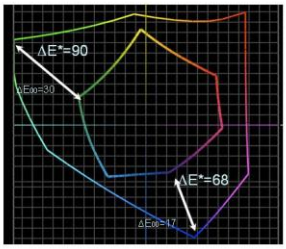
3 Physikalische Grenzen

Drahtgitter: ECI V2; Echtfarben: FOGRA39



⇒

Projektion in CIEa*b*-Ebene



- PSO Kapitel 4: "Der Bedruckstoff bestimmt den Druckausfall"
- Viele Farben am Bildschirm des Kreativen sind nicht druckbar
- Die Farbunterschiede reichen bis ΔE=100 (ΔE00=20)!
- Eine Umsetzung (Gamut Mapping) ist geschmacksabhängig

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 7

DfwG, 2011

3. Farbwiedergabe bisher ⇒ Identische Farben

Umsetzung der Reproduktion (= Vorhersehbarkeit des Farbergebnisses) bisher:

Bedeutung: - Identische Farben

Abmusterung: - Abmusterung nebeneinander

Voraussetzung:
- ausreichende Farbumfänge der Ausgabemedien
- Aufbereitung für das jeweilige Medium

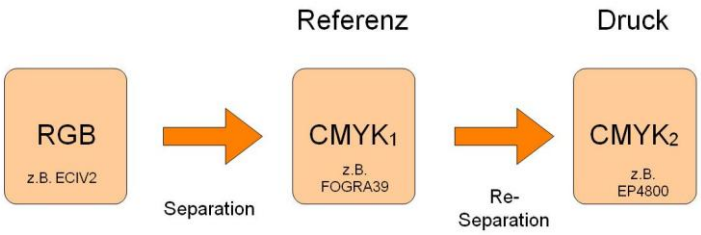
Vorhersehbarkeit in Abhängigkeit von den gegebenen Farbtoleranzen

- Proofing [ISO 12647-7]
- Validation Print [-8]
- PSO ISO 12647-2
- PSD ISO 15311-2/3

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 8

DfwG, 2011

4.1 Proof-Workflow ⇒ Identische Farben



"Perzeptiv nach ISOCoatedV2"

absolut farbmetrisch auf den Proofer

Vorhersehbarkeit des Farbergebnisses in der Gestaltungsphase

aber

- Die Farbumfänge des (Digital) Drucks sind teilweise kleiner ⇒ kein Proofing möglich
- Die Farbumfänge des (Digital) Drucks sind teilweise größer ⇒ man nutzt die Möglichkeiten nicht aus

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 9

DfwG, 2011

3. Farbwiedergabe bisher ⇒ Herausforderungen

Gleichheit der resultierenden Farbwerte bedeutet hierbei Gleichheit der Farberscheinung bei gleichen Bestrahlungs- und Beobachtungsbedingungen.

Die beiden wesentlichen Fehlerquellen, für einen Mangel an Farbgleichheit bei gleichzeitiger messtechnischer Übereinstimmung sind gegenwärtig noch:

- Ein Mangel bei der präzisen und genauen Erfassung des Farbreizes (von selbstleuchtenden Lichtquellen oder von reflektierenden oder transmittierenden Objekten) und die Berechnung der Farbwerte: ⇒ ***Messtechnik***

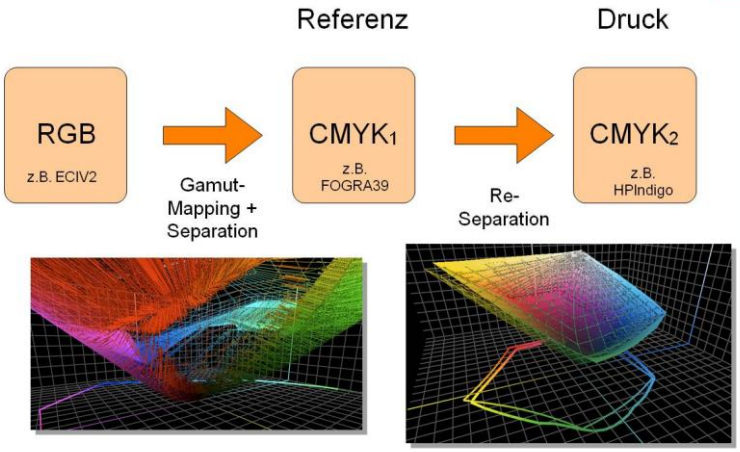
- Ein Mangel bei der Umsetzung gleicher Umfeldbedingungen sowie hinsichtlich der Fähigkeit der Farbabgleichfunktionen (Normspektralwertkurven), die Farbwahrnehmung für Farbreize mit verschiedenen Spektralverteilungen möglichst exakt nachzustellen: ⇒ ***höhere Farbmetrik***

Hierzu zählen auch Herausforderungen an die "Weißmetrik", d.h. die korrekte Berechnung der Farberscheinung bei optisch stark aufgehellten Papieren.

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 10

DfwG, 2011

3. Ablauf der Farbtransformation



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 11

DfwG, 2011

3. Moderne Abläufe verändern die Anforderungen

Warum reichen "identische Farben" nicht?

- Dienstleister publizieren Inhalte auf vielen Ausgabemedien
- "Print ist nur ein Kanal"
- Datenaufbereitung für individuelle Ausgabemedien erhöht die Kosten ⇒ "Einmal für Web, Einmal für Druck und einmal für Mobil"
- Etablierung von Druckbedingungen für die unterschiedliche Anzahl an typischen Bedruckstoffen ist für konventionellen Druck noch vertretbar ⇒ 2-10 Papiertypen ⇒ unterschiedliche ICC-Profile
- Im Digitaldruck ist die Anzahl an unterschiedlichen Ausgabebedingungen nicht mehr in diesem Sinne abbildbar
- Art der Abmusterung oft ohne Referenz ⇒ Medienrelativ
- Einheitliche Farberscheinung auf unterschiedlichsten Medien

⇒ Wenige Austauschfarbräume + Flexible Farbbewertung

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 12

DfwG, 2011

3. Flexible Farbwiedergabeszenarien

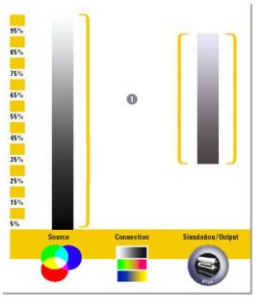
	Farbumfang zwischen Referenz und Zielmedium	
Abmusterung	**Ähnlich in Form und Größe**	**Sehr unterschiedlich**
"Side-by-Side"	**Identische Farben**	**Konsistente Farben**
"Alleine"	**Medienrelative Farben**	**--- (Gerätevorgaben)**

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 13

DfwG, 2011

4. Medienrelative Farbwiedergabe

- Altbewährtes Konzept z.B. für die Messung von papierrelativen Dichten und daraus abgeleitet von Tonwerten
- Farbe: Konzept der "korrespondieren Farben" ⇒ Farbadaption
- Umsetzung gemäß ICC entspricht XYZ-Skalierung $X_{rel} = \left(\frac{X_{D50}}{X_n}\right) \cdot X_{absolut}$
- Bessere Ansätze verwenden Farbumstimmungs-transformation (nicht standardisiert)
- Prüfung durch Farberinnerung ("single stimulus")
- Anwendung im Sinne einer definierten Vorhersagbarkeit bedingt die Begrenzung der Unterschiede zwischen Referenz- und Zielfarbumfang
- ISO Normentwurf 15311 beinhaltet Qualitätsklassen A, B und C



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 14

DfwG, 2011

4. Medienrelativ im Detail

1. CIELAB Messwerte Referenz und Druck

Ref (links): FOGRA39
Aktuell (rechts): FOGRA41
4 exempl. Farben des Medienkeils

						ΔE*ab
73,7	-22,8	67,6	68,7	-33,9	61,2	13,7
52,3	-52,3	-20,2	52,4	-56,4	-11,8	9,3
43,3	-17,0	-48,6	39,9	-8,7	-50,6	9,2
95,0	0,0	-2,0	92,0	0,0	-2,0	3,0

2. Umrechnung nach CIEXYZ

37,1	46,2	6,8	28,0	38,9	6,3
11,0	20,4	27,1	10,4	20,5	22,5
10,5	13,4	35,5	9,6	11,2	32,7
84,5	87,6	74,6	77,8	80,7	68,7

3. Berechnung der medienrelativen CIEXYZ-Farbwerte (D50)

21,1	11,5	16,9	17,8	9,9	17,7
42,3	52,7	7,5	34,7	48,2	7,6
12,5	23,3	30,0	12,9	25,4	27,0
12,0	15,3	39,2	12,0	13,9	39,3
96,4	100,0	82,5	96,4	100,0	82,5

4. Berechnung der CIELAB-Werte

						ΔE00
40,4	57,9	-20,7	37,7	57,9	-27,1	3,6
77,7	-23,8	71,6	75,0	-23,8	66,6	2,4
55,4	-54,7	-19,6	57,4	-54,7	-11,2	4,8
46,0	-17,8	-49,2	44,0	-17,8	-52,7	2,1
100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0

5. Praxis: Untersuchung Gamutunterschiede + Etablierung Farbtoleranzen

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 15

DfwG, 2011

5. Konsistente Farbreproduktion

- Trennung von Eingabe und Ausgabe
- Sollte das nicht mit ICC schon seit 1993 möglich sein?
- Ja, aber ...

Original [sRGB]

BtoA0 (ISOcoated) ⇒ AtoB3 sRGB

BtoA0 (IFRA26) ⇒ AtoB3 sRGB

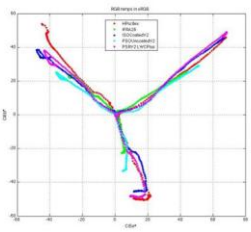
BtoA0 (HPScitex) ⇒ AtoB3 sRGB

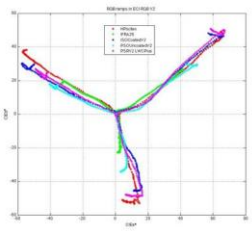
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 16

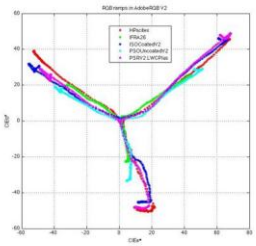
DfwG, 2011

5. Konsistente Farbreproduktion scheitert bisher

für HPScitex, IFRA26, ISOCoatedV2, PSOUncoated, PSRV2_LWC







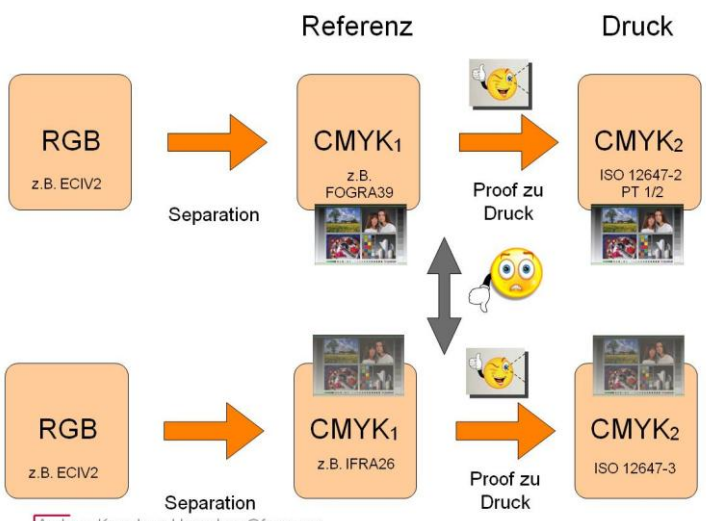
sRGB ECI RGB Adobe RGB

Unterschiedliche Reproduktion der Primärachsen R, G und B.

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 17

DfwG, 2011

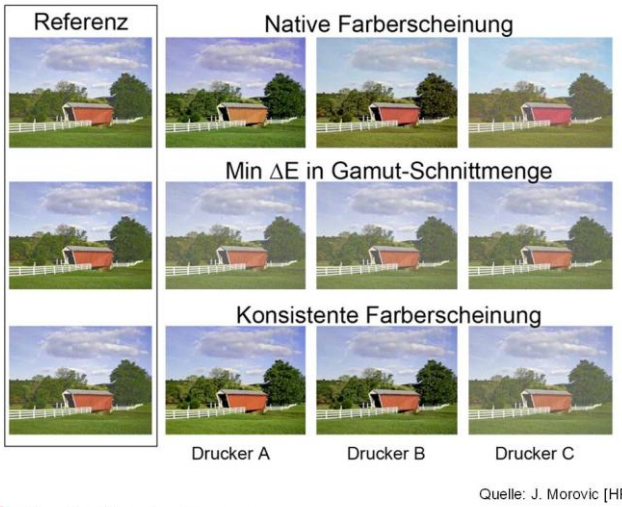
5. Untersch. Farbumfänge ⇒ konsistente Farben



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 18

DfwG, 2011

5. Konsistente Farbwiedergabe: Ein Beispiel

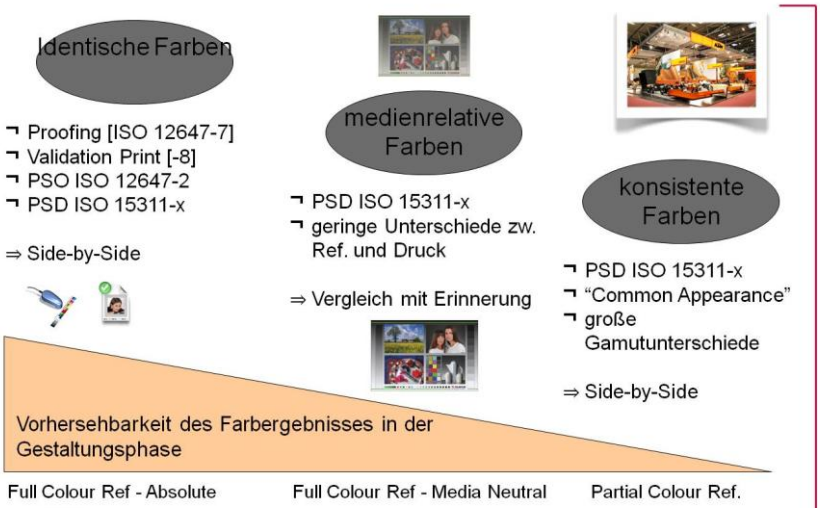


Quelle: J. Morovic [HP]

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 19

DfwG, 2011

6. Ausprägungen der Vorhersagegenauigkeit



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 20

DfwG, 2011

7. Zusammenfassung

- Farbreproduktion in der grafischen Industrie basiert nach wie vor auf der Farbe im Sinne von CIE 15 (DIN 5033) ⇒ "Identische Farben"
- Es bleiben auch hier noch Herausforderungen
- Moderne Arbeitsabläufe bedürfen zusätzliche Möglichkeiten der Farbbewertung im Kontext entsprechender Abmusterungsabläufe
- ISO Standard für digitalen Produktionsdruck (ISO 15311) beinhaltet Vorkehrungen für drei mögliche Szenarien:
- Identische Farben
- Medienrelative Farben [inkl. maximaler Farbumfangsunterschiede]
- Konsistente Farben [noch nicht objektiv prüfbar]
- Diese Farbwiedergabeszenarien sind für die Kunden noch sehr jung und bedürfen weiterer Untersuchungen u.a. im Kontext der Bildqualitätsuntersuchung

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org 21

Moderne Lichtquellen und innovative Messtechnik in der Photometrie

Armin Sperling, PTB Braunschweig

Inhalt

- Einleitung
- Realisierung der Candela
- Messapparaturen der PTB
- Charakterisierung der Messtechnik
- Ausblick

- 2 -

Standort Braunschweig

Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Hauptstandort Braunschweig

Abteilungen:

- Mechanik und Akustik
- Elektrizität
- Chemische Physik und Explosionsschutz
- Optik
- Fertigungsmesstechnik
- Ionisierende Strahlung
- Wissenschaftlich-technische Querschnittsaufgaben
- Verwaltungsdienste

- **Präsidium**
- **Deutscher Kalibrierdienst (DKD)**

- (ca. 1400 Mitarbeiter in Braunschweig)

- 3 -

Inhalt

- Einleitung
- Realisierung der Candela
- Messapparaturen der PTB
- Charakterisierung der Messtechnik
- Ausblick

- 4 -

Grundlagen der Metrologie
Realisierung und Verbreitung der Einheiten

PTB

- **Candela:**

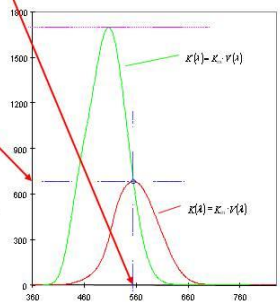
  Basis-Einheit für die Lichtstärke (sichtbare Teil optischer Strahlung)

Die Candela ist die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die die monochromatische Strahlung der Frequenz 540·10¹² Hz aussendet und deren Strahlung in dieser Richtung 1/683 Watt durch Steradiant beträgt.

- **Candela Definition:**

  Ankerpunkt der Hell-Empfindlichkeitsfunktionen des menschlichen Auges für photopisches und scotopisches Sehen, um diese Verteilungsfunktionen an die abgeleitete Si-Einheit "Watt" für anzuschließen.

  http://www.bipm.org/en/si/base_units



- 5 -

Grundlagen der Metrologie
Realisierung und Verbreitung der Einheiten

PTB

- **Candela:**

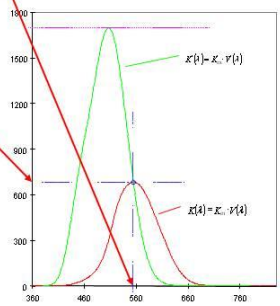
  Basis-Einheit für die Lichtstärke (sichtbare Teil optischer Strahlung)

Die Candela ist die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die die monochromatische Strahlung der Frequenz 540·10¹² Hz aussendet und deren Strahlung in dieser Richtung 1/683 Watt durch Steradiant beträgt.

- **Candela Definition:**

  Umformulierung aller Einheiten geplant (CCU):
  Übergang von expliziter Einheiten-Definition zur expliziten Konstanten-Definition:

  http://www.bipm.org/en/si/base_units

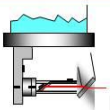


- 6 -

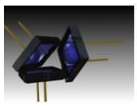
Realisierung der photometrischen Einheiten

PTB

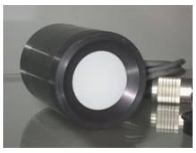
Kryoradiometer zur Anbindung der optischen Strahlungsleistung an elektrische Leistungsmessung



Silizium Trap-Empfänger, die primär bzgl. spektrale Strahlungsleistung kalibriert sind



Die integrale photometrische Empfindlichkeit von Photometern verkörpert den photometrischen Standardbeobachter, d.h. die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges unter def. Randbedingungen



Ein Netzwerk von Lampen, betrieben bei einer gegebenen Verteilungstemperatur, bewahrt die zusammen mit den Photometern realisierte Lichtstärke-Einheit

- 7 -

Realisierung der photometrischen Einheiten

Kryoradiometer zur Anbindung der optischen Strahlungsleistung an elektrische Leistungsmessung

Silizium Trap-Empfänger, die primär bzgl. spektrale Strahlungsleistung kalibriert sind

Die integrale photometrische Empfindlichkeit
Photometern verkörpert den photome
Standardbeobachter, d.h. die
menschlichen Auges

Ein Net
gegeben
zusamme
Lichtstärke-Einheit

...eben bei einer
...temperatur, bewahrt die
...en Photometern realisierte

Korrekturfaktoren sind notwendig, wenn sich Lichtquellen von Normal(glüh)lampen spektral und geometrisch unterscheiden

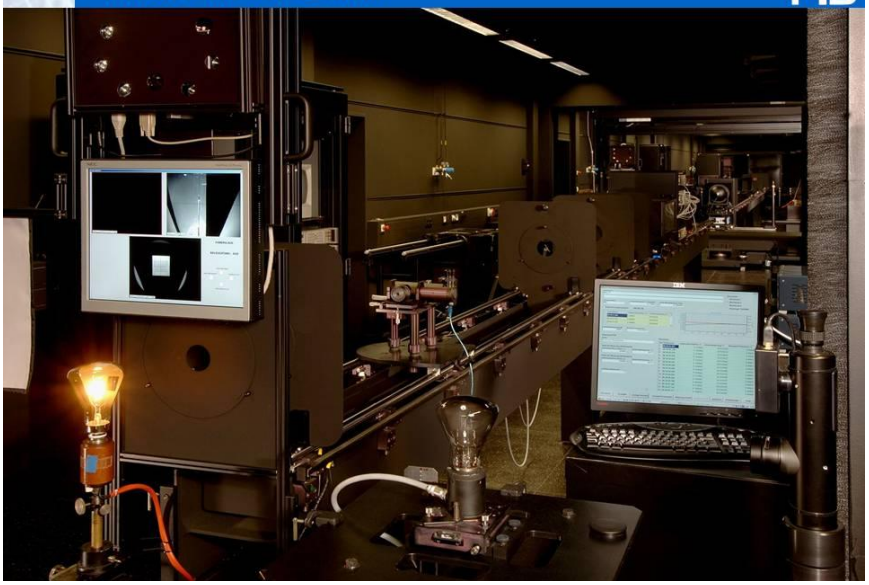
- 8 -

Inhalt

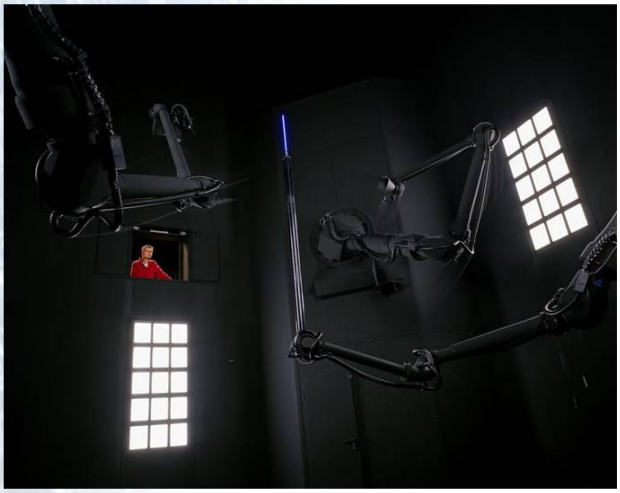
- Einleitung
- Realisierung der Candela
- **Messapparaturen der PTB**
- Charakterisierung der Messtechnik
- Ausblick

- 9 -

Photometer Bank



Roboter Goniophotometer



Messung:
- Gesamtlichtstroms
- Lichtstromverteilung
- spektr. Strahlungsleist.

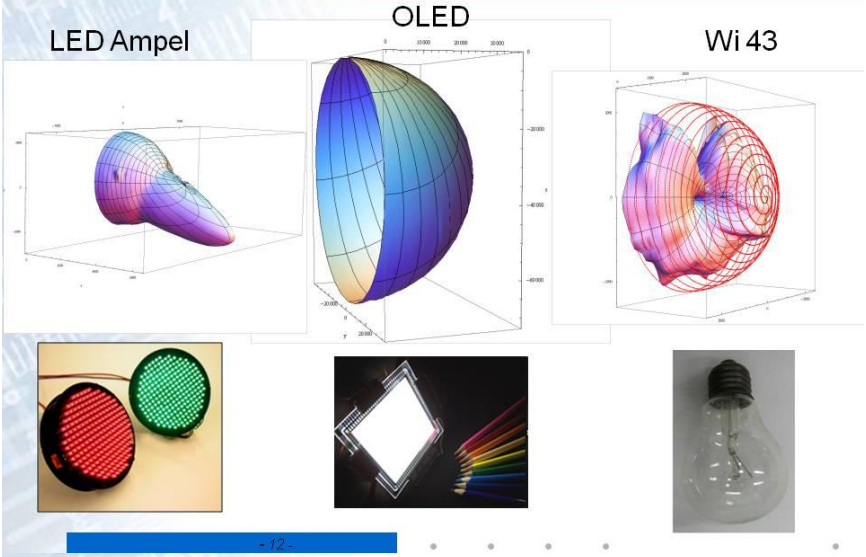
Maximale Durchmesser:
- 6 Meter

Arme tragen:
- Radiometer
- Photometer
- Spektroradiometer
- Kameras (geplant)
- Lampen

- 11 -

Beleuchtungsstärke-Verteilung

LED Ampel | OLED | Wi 43



- 12 -

Inhalt

- Einleitung
- Realisierung der Candela
- Messapparaturen der PTB
- **Charakterisierung der Messtechnik**
- Ausblick

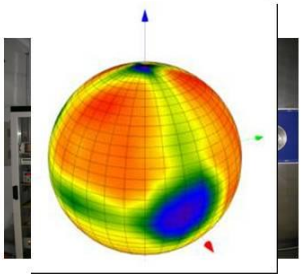
- 13 -

Räumliche Korrekturen für Ulbricht Kugeln

Kugel Scanner

Messungen der Inhomogenität von Ulbricht-Kugeln

Czibula & Grundmann GmbH, Berlin
- Lichtmesstechnik und Sondergeräte -

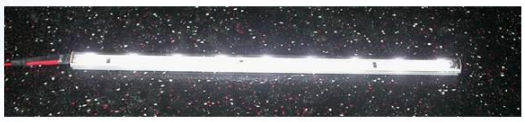


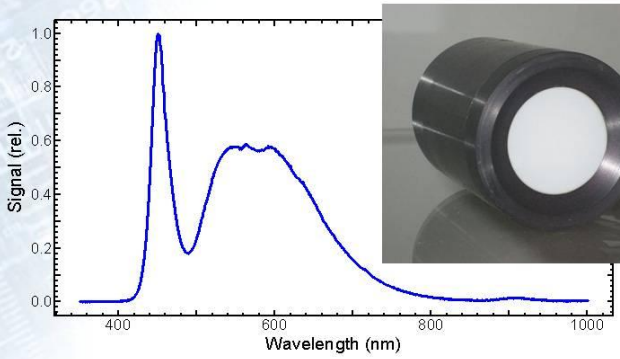
- 14 -

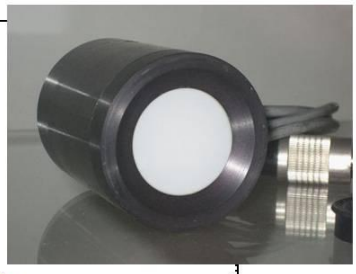
Spektrale Korrekturen

LED - Lampe

CCT = 5600 K

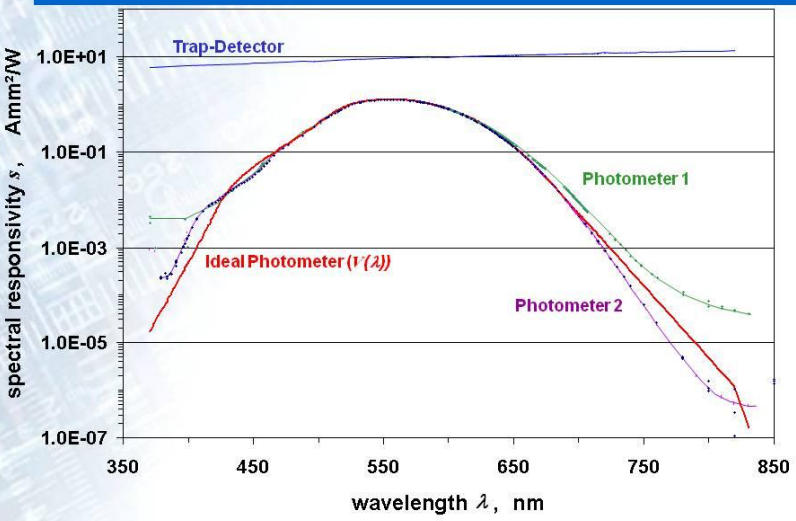






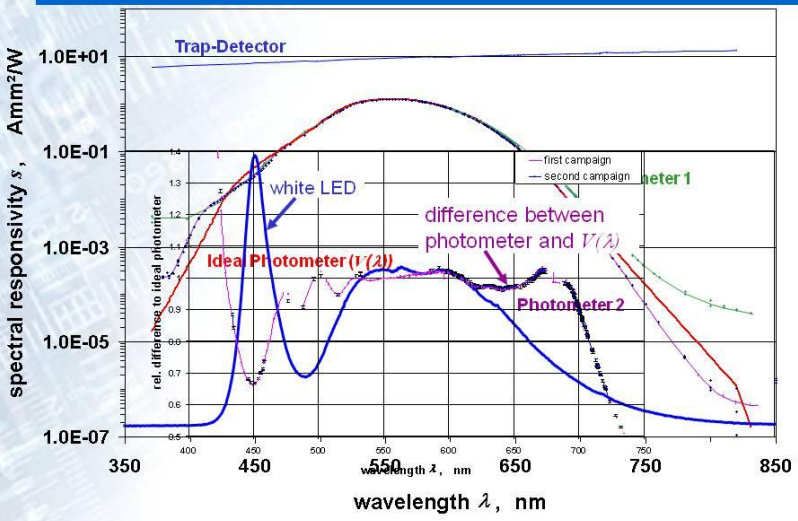
- 15 -

Spektrale Korrekturen



- 16 -

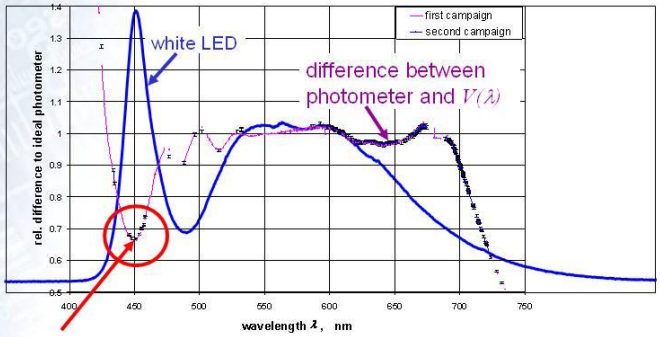
Spektrale Korrekturen



- 17 -

Spektrale Korrekturen

- **Korrektur der spektralen Fehlanpassung:**
  - Notwendig: spektrale Empfindlichkeit der Photometer
  - Notwendig: spektrale Verteilung der Quellen

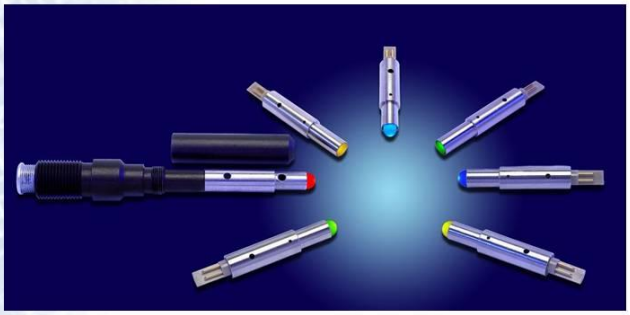


~ 35 % Abweichung zu $V(\lambda)$

- 18 -

LED Transfernormale

- **Praktische Lösung für Kalibrierlaboratorien:**
  - Substitutionsmethode mit Hilfe von Transfernormalen

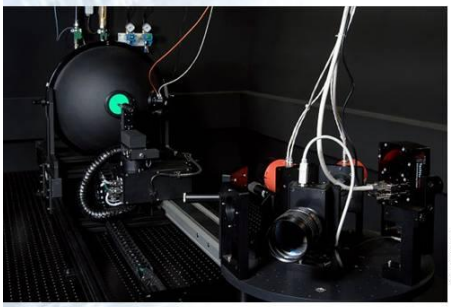


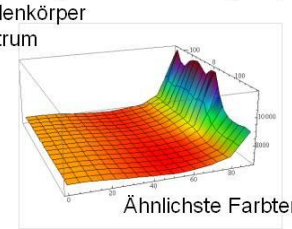
Normale für Lichtstrom, Lichtstärke, low power, temperaturstabilisiert (PTB-Design)

- 19 -

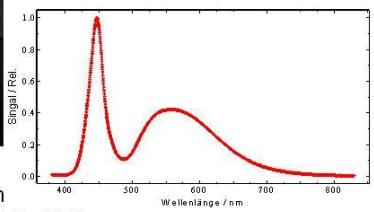
Universal – LED-Messplatz

CIE 127: $I_{LED,A\,u.\,B}$ — LED Beleuchtungsstärke Verteilungskörper
CIE 127: Teillichtstrom — LED Strahlenkörper
CIE 127: Lichtstrom — LED Spektrum





Ähnlichste Farbtemperatur

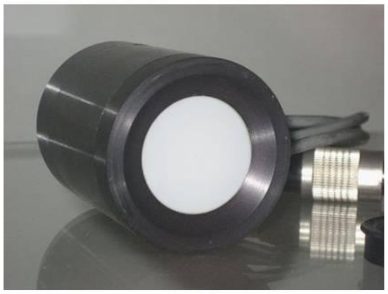


Spektrum
Warm-Weiße LED

- 20 -

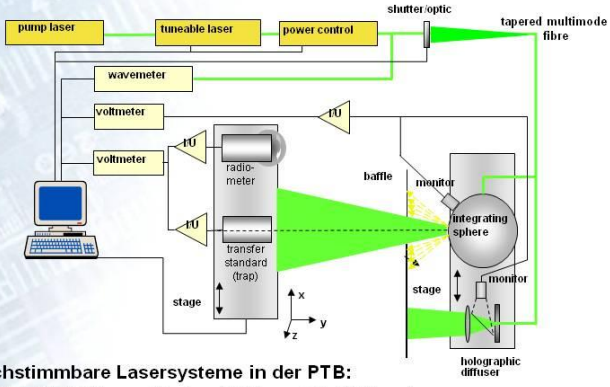
Spektrale Kalibrierung der Photometer

- Monochromator basiert
  - 410 nm < λ < 710 nm
- Mit spektral durchstimmbaren Lasern



- 21 -

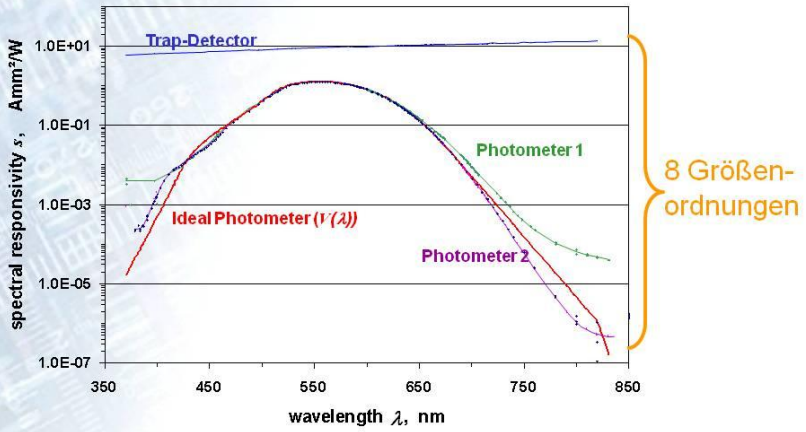
Spektrale Kalibrierung der Photometer



- **Durchstimmbare Lasersysteme in der PTB:**
  - TULIP, CW Laser System (358 nm < λ < 950 nm)
  - PLACOS, Pulsed Laser System (240 nm < λ < 2400 nm)
  - Quasi CW Laser System (230 nm < λ < 3300 nm) im Aufbau

- 22 -

Laser basierte Kalibrierungen

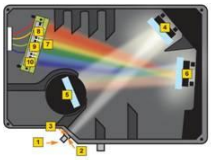


- 23 -

Charakterisierung von Array-Spektroradiometern

Array-Spektroradiometer sind laut Hersteller:

- schnell
- leicht zu benutzen
- stabil
- mehr und mehr im industriellen Einsatz



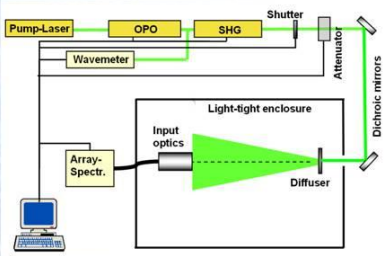
aber:

- Stabilität ist stark von Design und Anwendung abhängig
- geringe Streulicht-Unterdückung
- Bandpasskorrektur schwer, oft unterschätzt

- 24 -

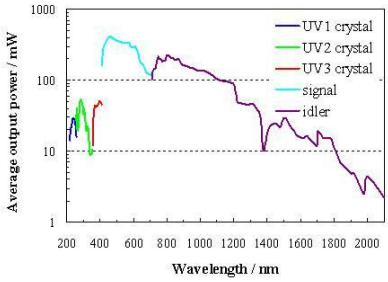
Laser basierte Kalibrierungen

Streulicht Charakterisierung mit dem "Pulsed Laser for Advanced Characterisation of Spectroradiometers" (PLACOS) Aufbau



OPO, optical parametric oscillator
SHG, second harmonic generator

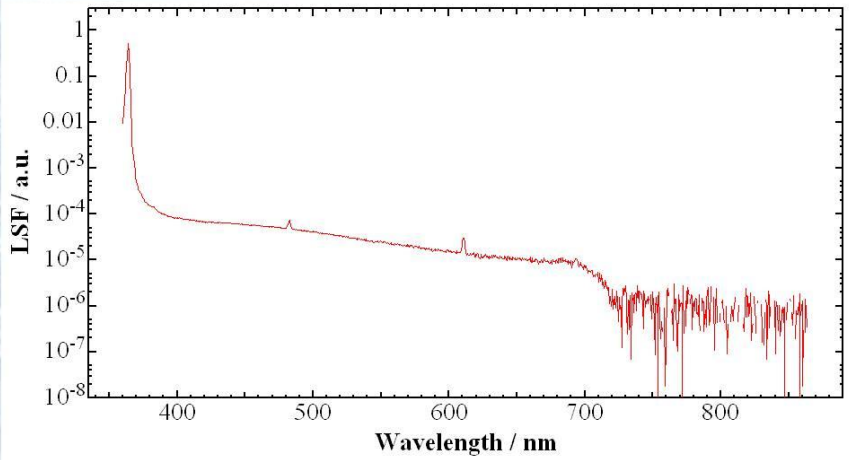
- gepulster Betrieb (20 Hz, 5 ns)
- automatische Wellenlängeneinstellung
- leicht zu handhaben



- 25 -

Streulichtcharakterisierung

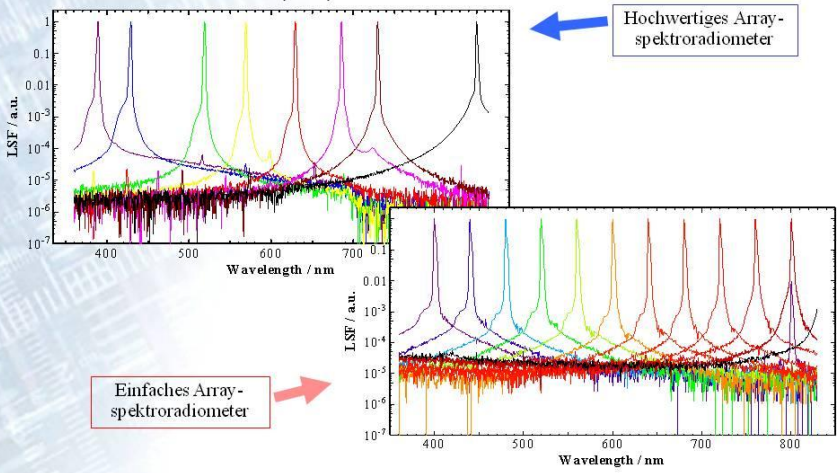
Antwort eines Array-Spektroradiometers auf durchstimmbaren Laser



- 26 -

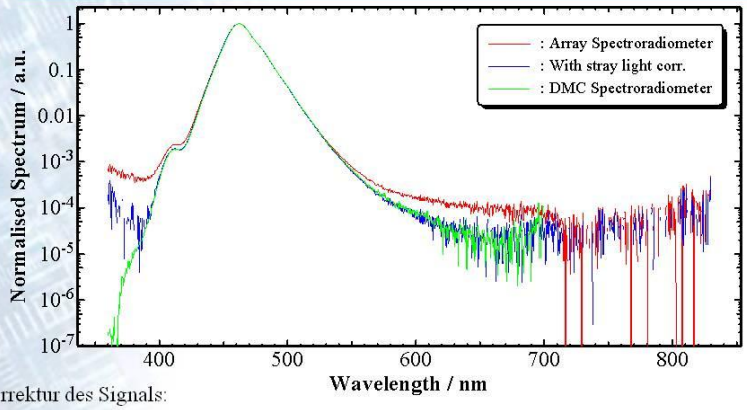
Streulichtcharakterisierung

Linienantwortfunktion (LSF):



- 27 -

Streulicht und Bandpass Korrektur



Korrektur des Signals:

Spektrum als Vektor — Instrumenten-Matrix

$$\mathbf{Y}_{meas} = \mathbf{Y}_{IB} + \mathbf{Y}_{s_spec} \Rightarrow \mathbf{Y}_{meas} = \mathbf{A}\mathbf{Y}_{IB} \Rightarrow \mathbf{Y}_{IB} = \mathbf{C}_{spec}\mathbf{Y}_{meas}$$

Spektrum ohne Streulicht — Streulicht und Bandpass Korrektur Matrix

- 28 -

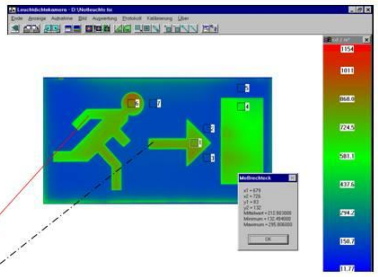
Inhalt

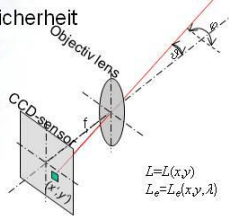
- Einleitung
- Realisierung der Candela
- Messapparaturen der PTB
- Charakterisierung der Messtechnik
- **Ausblick**

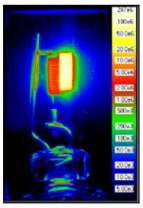
- 29 -

Leuchtdichte Messkameras

- **Anwendung in:**
  - **Photometrie**
  - **Colorimetrie**
  - **Thermometrie**
- **Keine Standards vorhanden**
- **Hauptproblem:**
  - Kalibrierverfahren
  - Messunsicherheit





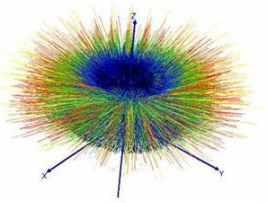


Messung der Leuchtdichteverteilung einer Halogenlampe (logarithmische Darstellung über 4 Dekaden)

- 30 -

Nahfeldgoniophotometrie

- **Anwendung in:**
  - **Industrielle Messtechnik**
  - **LED-Charakterisierung**
  - **Leuchtendesign**
- **Keine Standards vorhanden**



- **Internationale Arbeiten:**
  - CIE TC2-59
    - Characterisation of Imaging Luminance Measurement Devices
  - CIE TC2-62
    - Imaging-Photometer-based Near-Field Goniophotometry

} Charakterisierung

- 31 -

Mesopische Photometrie

PTB

- **Anwendung in:**
  - Photometrie
  - Industrielle Messtechnik
- **International work:**
  - CIE 191:2010
    - Recommended System for Visual Performance Based Mesopic Photometry

$V_{mes}(\lambda)$ als Linearkombination von $V(\lambda)$ und $V'(\lambda)$

- **Keine Standards vorhanden**

- **CIE TC2-65 (metrologische Randbedingungen)**
- **CCPR (mis-en-pratique)**

- 32 -

CRI für LEDs

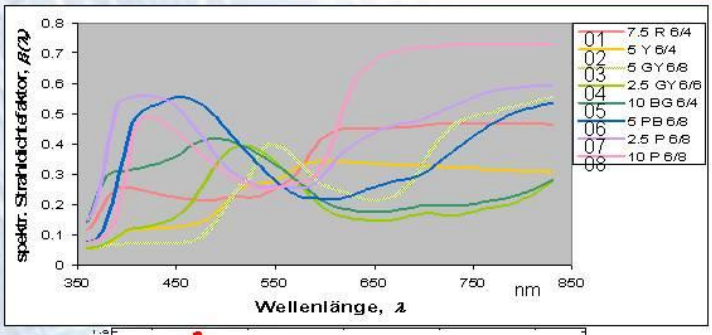
PTB

		LED1O	LED1U	LED2O	LED2U	LED3O	LED3U	LED4O	LED4U	LED7O	LED7U	LED8O	LED8U
Bemerkung		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Farbort(S)	x/1	0.4251	0.4248	0.4102	0.4235	0.2936	0.2962	0.2945	0.3103	0.2825	0.2825	0.2769	0.2843
	y/1	0.3801	0.3823	0.3675	0.3839	0.2936	0.2966	0.2951	0.3238	0.2743	0.2756	0.2688	0.2761
T_N(S)	T_N/K	3004	3029	3186	3068	8458	8138	8329	6683	10720	10618	12118	10340
R_i(S) Rundung auf 0 Nachkommastellen	$R_{i,1}$	87	87	89	87	79	79	80	74	87	87	88	87
	$R_{i,2}$	93	93	94	92	80	79	80	79	92	93	94	92
	$R_{i,3}$	94	95	94	94	75	74	75	79	86	88	90	86
	$R_{i,4}$	83	83	84	83	81	80	81	76	81	80	78	81
	$R_{i,5}$	86	85	88	85	79	78	79	75	82	82	82	82
	$R_{i,6}$	89	89	89	88	70	69	70	70	79	80	81	79
	$R_{i,7}$	87	87	87	87	85	83	84	84	90	89	88	90
	$R_{i,8}$	74	74	76	74	74	73	73	66	82	82	81	82
	$R_{i,9}$	43	42	49	41	10	7	8	-12	47	48	53	46
	$R_{i,10}$	80	81	83	79	48	45	47	46	74	77	82	73
	$R_{i,11}$	79	79	80	79	79	79	79	73	77	76	74	77
	$R_{i,12}$	72	72	74	72	46	46	49	47	51	52	52	50
	$R_{i,13}$	88	89	91	88	79	78	79	75	91	91	93	90
	$R_{i,14}$	96	96	96	96	86	85	86	88	92	93	95	92
R_a(S)	R_a	**87**	**87**	**88**	**86**	**78**	**77**	**78**	**75**	**85**	**85**	**85**	**85**

- 34 -

CRI für LEDs

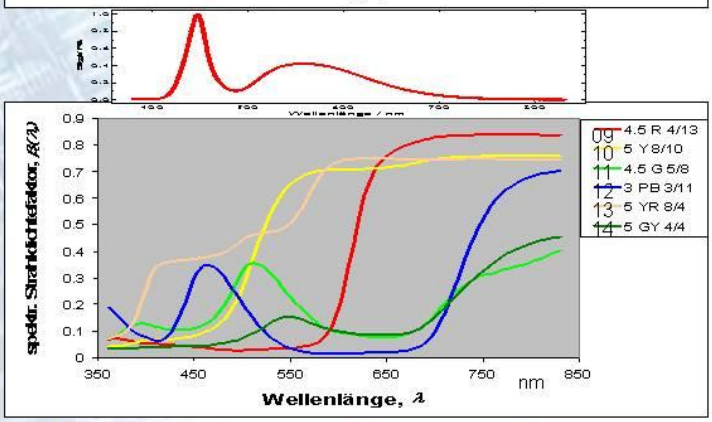
PTB



- Testfarben TCS01 - TCS08

  mit Munsell Notation

- Basis für Berechnung des allgemeinen Farbwiedergabe Index R_a



- Testfarben TCS09 - TCS14

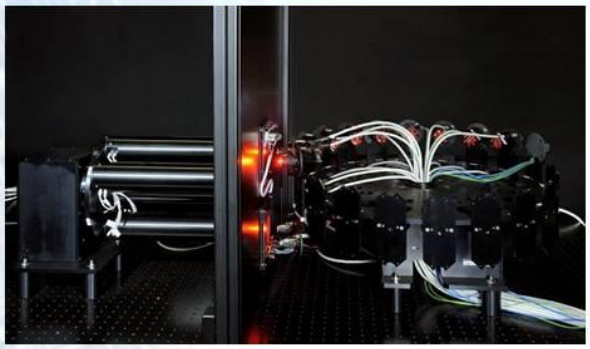
  mit Munsell Notation

- Zur weiteren Charakterisierung einer Testlichquelle
- Um weitere Testfarben (insbesondere verschiedene Hautfarben) erweitert

- 35 -

LED-Alterungsmessplatz

PTB



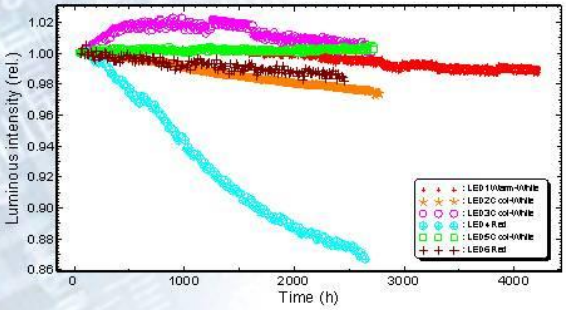
Maximal 40 Messplätze

Vier Messkanäle: $\bar{y}(\lambda)$

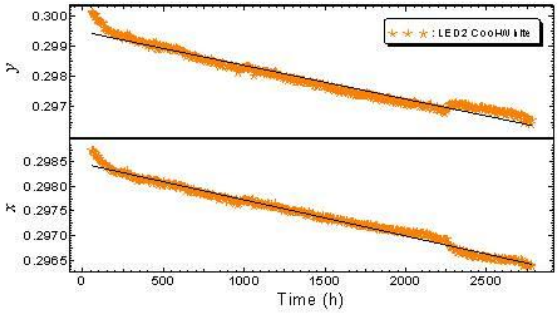
$\bar{x}_{long}(\lambda)$

$\bar{x}_{short}(\lambda)$

$\bar{z}(\lambda)$



zeitliche Drift der „Lichtstärke“



zeitliche Drift der Farbortkoordinaten

- 36 -

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.
im Deutschen Verband Farbe

Vorschau DfwG Report 02 2012

Im nächsten DfwG Report erwarten Sie voraussichtlich folgende Beiträge:

Brauers: Algorithmen und Verfahren zur geometrischen Korrektur und hochdynamischen Auswertung von Multispektralaufnahmen

Höpe: Gonioreflektometrie-Neue Konzepte zur Bestimmung der Appearance

Kaufmann: Auszug aus: Messgrößen der Optik in der Chemiefaser- und Textilindustrie 1960 – 1990 - (2007)

Cramer: Eine Frage der Geometrie: visuelle und instrumentelle Abmusterungen