

## Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG

Verantwortlich: Dr. Gerhard Rösler





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

*Inhaltsverzeichnis Report 01 2009*

<i>Impressum</i> .....	<i>2</i>
<i>Liebe Farbgemeinde,</i> .....	<i>3</i>
<i>Nachruf Dr. Völz und Dr. Gall</i> .....	<i>4</i>
<i>Nachruf auf Dr. Konrad Hoffmann</i> .....	<i>5</i>
<i>Protokoll der Mitgliederversammlung der DfwG am 09. Oktober 2008 in München</i> .....	<i>7</i>
<i>Ein Softproof-Arbeitsplatz für die Messung von Farbdifferenzen</i> .....	<i>9</i>
<i>Systemtheorie von Form- und Farbwahrnehmung</i> .....	<i>15</i>
<i>Die Anwendung moderner Farbabstandsformeln in der grafischen Industrie</i> .....	<i>27</i>
<i>Interpersonelle Differenzen in der Farbwahrnehmung - Anhand der Datenanalyse der Stiles &amp; Burch Ergebnisse von 1959</i> .....	<i>38</i>
<i>Optimalfarben für den Dreifarbdruk</i> .....	<i>47</i>
<i>Veranstaltungshinweis</i> .....	<i>54</i>
<i>Vorschau DfwG Report 02 2009</i> .....	<i>55</i>

***Impressum***

***ISSN 1860-2835***

*Titelbild: Aus dem Beitrag über „Systemtheorie von Form- und Farbwahrnehmung“ von Herrn Hauske Seite 16*

*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: 030 393 4028, Fax: 030 391 8001, 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: Dr. Wilhelm H. Kettler, Tel.: +49 202 529 2282, +49 173 2825 173  
E-Mail: Wilhelm.Kettler@deu.dupont.com

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](http://www.dfwg.de)

April 2009

*Liebe Farbgemeinde,*

*JT an BAM*

*3 Todesfälle: Gall, Hoffmann, Völz*

*Budapest*

*Schlüsselanhänger*

*Beilagen*

*Bis zum nächsten Mal verbleibe ich mit  
freundlichen Grüßen*

*Ihr Gerhard Rösler*

## Nachruf Dr. Völz und Dr. Gall





## Nachruf auf Dr. Konrad Hoffmann

Der bei Hoechst langjährig beschäftigte Farbmeteriker Dr. Konrad Hoffmann ist am 12.10.2008 knapp 97-jährig in Frankfurt-Höchst verstorben. Wie das so mit Personen ist, die ein so hohes Alter erreicht haben, gibt es unter den aktiv Beschäftigten kaum jemanden, der ihn noch gekannt hat, geschweige denn einen Nachruf verfassen könnte. So sprach mich Dr. Stephan Gauss/Clariant an, ob ich etwas beitragen könne, mit dem Hinweis, ein Herr Curd Glock könne mir da behilflich sein. Jedoch meine persönlichen Eindrücke an ihn beschränken sich auf eine Erinnerung an „Dr. nicht wahr“, der auf Vortragsveranstaltungen fast jeden Satz mit einem genuschelten „nicht wahr“ unterstrich. Dennoch nahm ich an und startete mit einem Anruf bei Herrn Curd Glock, der dann eine kleine Informationskette auslöste. Als entscheidende Schnittstelle erwies sich dessen Hinweis auf Dr. Horst Schmelzer, der einige Jahre als Nachfolger von Dr. Konrad Hoffmann im Farbmeterik-Labor gewirkt und familiäre Kontakte weiter gepflegt hatte. Er berichtete über entscheidende fachliche Arbeiten in der letzten Arbeitszeit von Dr. Konrad Hoffmann und stellte Verbindungen zu dem Sohn Dr. Karl-Wolf Hoffmann (selbst verfasster Lebenslauf bis in die 1950er Jahre) und dem Kollegen aus früheren Jahren Dr. Friedrich Gläser her (fachliche Arbeiten bei Hoechst). Aus dem Puzzle dieser einzelnen Beiträge, für die ich herzlich danke, versuche ich nun einen Nachruf zusammen zu stellen.

Dr. Konrad Hoffmann wurde am 12.12.1911 in Berlin Lichterfelde als Sohn des Kaufmanns Kurt Hoffmann geboren, besuchte ab 1918 die Realgymnasien in Berlin-Lankwitz und ab 1922 in Zoppot bei Danzig, wo er 1930 sein Abitur bestand. Danach studierte er in Innsbruck und Leipzig Physik, Chemie und Mathematik und schloss sein Studium mit einer Doktorarbeit über Messungen von

gestreuter kohärenter und inkohärenter Röntgenstrahlung an Gasen am physikalischen Institut in Leipzig 1937 ab. Prof. Debye, Nobelpreisträger 1936 für dieses Fachgebiet (!), attestierte ihm 1943 eine besondere Begabung auf konstruktiv technischem Gebiet (insbesondere Versuch, eine Röntgenröhre mit Drehanode zu konstruieren), die ihn auch in seiner weiteren wissenschaftlichen Laufbahn nicht verlassen sollte. Nach der Dissertation wurde er Assistent am physikalisch-chemischen Institut in Leipzig bei Prof. Carl Wilhelm Wolfgang Ostwald, dem Inhaber des ersten Lehrstuhls für Kolloidchemie und Sohn des berühmten Nobelpreisträgers. Hier befasste er sich vor allem mit kolloidphysikalischen Problemen. Aus der Eheschließung 1939 gingen zwei Kinder hervor: Karl-Wolf und Sabine. Unterbrochen durch eineinhalbjährigen Kriegsdienst blieb er bis 1944 am Institut, das er nach dem Tod des Chefs und der Zerstörung des Instituts verlassen musste. In der Firma Hugo Schneider AG Leipzig fand er kurzzeitig eine neue Wirkungsstätte, wo er sich als Leiter der Abteilung für Technische Physik mit der Fernsteuerung von Raketen und elektrisch-optischen Ausrüstungen von Flugzeugen beschäftigte. Nach Kriegsende wurde er von den amerikanischen Behörden im Zuge der Zonenaufteilung Deutschlands nach Weilburg evakuiert und arbeitete im Rahmen eines technisch-wissenschaftlichen Literaturdienstes bei US.FIAT.

Nach der Erinnerung von Dr. Friedrich Gläser ist er um 1948/49 bei der Firma Hoechst eingestellt und mit breit gefächerten physikalischen Arbeiten betraut worden, die von der Materialprüfung mit Röntgen- und Gammastrahlen über die Ermittlung sicherheitstechnischer Kenndaten explosiver Gemische bis hin zu spektroskopischen Untersuchungen in allen verfügbaren Wellenlängenbereichen



reichten. So entwickelte er photoelektrisch arbeitende Weißgrad- und Feuchtemessgeräte sowie im Infrarotbereich arbeitende Geräte zur kontinuierlichen Erfassung des Wassergehaltes von Materialien in der Produktion.

Besondere Verdienste erarbeitete er sich auf dem Gebiet der Farbmeterik, das erst in den 1950er Jahren allmählich in den Bereich der farbgebenden Industrie als objektives Kontrollsystem vordrang und erhebliche Pionierarbeit der Messtechnik und Interpretationsverfahren erforderlich machte. Er stand hier an vorderster Front! Legendar ist sein Hardy-Spektrometer der Firma General-Electric, auf das er wegen seiner Genauigkeit in vielen Vorträgen auch noch in seinem Ruhestand verwies. Weiterer Eigenbau auf der Basis Bauch & Lomb und Beckmann führten zu Spektrometern mit höchster Präzision, z. B. mit umkehrbarer Messgeometrie ( $d/8^\circ$  bzw.  $(8^\circ/d)$ ), wahlweiser spektraler Bandbreite von 20, 10 und 1-2 nm und im Infrarotbereich zur Messung von Tarnfarben und deren Rezeptierung. Er untersuchte den Einfluss des Glanzes, der Polarisierungseffekte und der Erwärmung von Proben auf das Messergebnis und versuchte durch optische Maßnahmen Störeffekte zu umgehen. Er erkannte u. a. in der Farbmeterik des  $2^\circ$ -Normalbeobachters ein Defizit in den Spektralwertkurven vor allem im blauen Farbbereich und entwickelte einen „Blau-Beobachter“ bevor international der  $10^\circ$ -Normalbeobachter geboren wurde. Aber nicht nur die Messtechnik selbst, sondern ihre Anwendung beschäftigte ihn intensiv. So entwickelte er ein Farbrezepturprogramm für Textilien nach der Einkonstanten-Theorie von Kubelka und Munk, das im damals modernen Time-Sharing-Verfahren auf Großrechner lauffähig war und versuchte die nötigen

Schnittstellen und Ablaufverfahren oft mit Eigenbau zu optimieren. Seine in den frühen 1970er Jahren entwickelte Theorie transparenter Schichten auf streuendem Untergrund wurde später die Grundlage für das erste praxistaugliche Rezeptiersystem für Druckfarben. Die spektrometrischen Messungen an seinen modifizierten Geräten mit variabler Messgeometrie führten schließlich zu einem erfolgreichen Rezeptiersystem für Metallic- und Perlglanzeffektlacke.

Seine große Erfahrung in der Messtechnik stellte er in verschiedenen Normenausschüssen der Farbmeterik und seiner Anwendungen zur Verfügung.

Selbst im Ruhestand seit 1976 ließ er nicht locker. Sein Steckenpferd war die Farbmessung an Brillanten, deren Gelbstich er messtechnisch erfassen wollte. Ich selbst erinnere mich an verschiedene Vorträge aus den späten 1970er Jahren, in denen er immer noch Ergebnisse aus seiner Aktivenzeit (z. B. zur Frage der Glanzkorrektur bei der Rezeptierung von Lacken) aber auch aus dem Gebiet seines neuen Steckenpferdes vortrug. Erstaunlicherweise hat er bei der Präsentation kaum den Schritt in eine damals moderne Diavorführung getan, sondern Folien von Handgrafiken auf Millimeterpapier gezeigt, in die sich der leidvolle Zuschauer meist nur schwer hineinversetzen konnte.

Was bleibt ist die gute und ehrende Erinnerung an einen engagierten Physiker, der als begnadeter Konstrukteur, um mit Prof. Debye zu sprechen, in seiner Zeit wichtige Weichen in der aufkommenden farbmeterischen Messtechnik gestellt hat, „nicht wahr“!.

**Klaus Witt**

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



*Geschäftsstelle c/o Dipl.-Ing. Frank Rochow, Gralsburgsteig 35, 13465 Berlin  
Tel: 030 393 4028, Fax: 030 391 8001, e-mail: [offices@rochow-berlin.de](mailto:offices@rochow-berlin.de)  
[www.dfwg.de](http://www.dfwg.de)*

**Protokoll  
der Mitgliederversammlung der DfwG am 09. Oktober 2008 in  
München**

Ort der Versammlung: FOGRA, Streitfeldstr. 19, 81673 München  
Beginn der Versammlung: 18.20 Uhr  
Ende der Versammlung: 19.05 Uhr

Anwesende Mitglieder lt. Anwesenheitsliste:

Herr Dietz	Herr Dr. Kaufmann
Herr Dr. Döring	Herr Dr. Kettler
Herr Eker	Frau Leipert
Herr Dr. Frey	Frau Dr. Lübbe
Frau Frohnappel	Herr Dr. Puebla
Herr Dr. Gabel	Herr Uwe Richter
Herr Geuer	Herr Dr. Riechert
Herr Gliese	Herr Riedl
Herr Dr. Gläser	Herr Dr. Roch
Frau Hacker	Herr Rochow
Herr Dr. Helling	Herr Dr. Rösler
Herr Herold	Herr Dr. Schlenker
Herr Dr. Hill	Herr Schmollgruber
Herr Dr. Hoffstadt	Herr Dr. Steckert
Herr Dr. Hubner	Frau Thümer
Herr Dr. Jung	Herr Wobser

Der DfwG Präsident und Versammlungsleiter, Herr Dr. Rösler, begrüßt die Mitglieder zur Mitgliederversammlung und stellt ausdrücklich fest, dass es sich nicht um eine Hauptversammlung handelt.

Die vorgeschlagene Tagesordnung:

- 1) **Genehmigung der Tagesordnung**
- 2) **Genehmigung des Berichts der Mitgliederversammlung 2007 in Darmstadt**
- 3) **Bericht des Vorstands**
- 4) **Aussprache**
- 5) **Kassenbericht**
- 6) **Entlastung des Vorstands**
- 7) **Sonstiges**

zu TOP 1: Die Tagesordnung wird, mit Änderung des TOP 6 in „Entlastung des Schatzmeisters“, wie vorgeschlagen genehmigt.

zu TOP 2: Der Bericht über die DfwG-Mitgliederversammlung am 10. Oktober 2007 in Darmstadt, welcher vorab im Report 1/2008 veröffentlicht war, wird einstimmig genehmigt.



**Zu TOP 3:** Herr Dr. Steckert berichtet, dass die letzte und diese Jahrestagung finanziell ausgeglichen waren. Dr. Rösler weist darauf hin, dass, wie teilweise schon zu dieser Jahrestagung möglich, die Anmeldung mit Rechnungserstellung und Bestätigung automatisch über das Internet erfolgen kann. Der Wunsch vieler Teilnehmer nach einem Vorab-Zugriff auf die Anmelde-Liste zur Tagung wird vom Vorstand geteilt. Eine Möglichkeit dazu, unter Berücksichtigung des Datenschutzes, wird erarbeitet werden.

Es wird angeregt, den Report als .pdf-Datei geschützt ins Internet zu stellen und die Mitglieder per E-Mail zu informieren, wenn eine neue Ausgabe erschienen ist.

Für die Tagung 2009 ist der 6. bis 8. Oktober geplant.

**zu TOP 4:** Frau Dr. Lübke spricht den Wunsch aus, in Zukunft die DfwG Tagungen mit den Tagungen des DFZ gemeinsam durchzuführen. Vom Vorstand wurde auf die Bereitschaft hingewiesen, sich mit dem DFZ zu koordinieren, allerdings, mit Hinblick auf die Erfahrungen bei der Tagung in Dresden, nicht mit dem Ziel einer gemeinsamen Tagung. Auf Wunsch von Frau Dr. Lübke wird ein ad-hoc Meinungsbild der anwesenden Mitglieder über gemeinsame Tagungen mit dem DFZ erbeten. Die überwiegende Mehrheit der anwesenden Mitglieder spricht sich gegen gemeinsame Tagungen aus, 2 sind dafür, 4 enthalten sich der Stimme.

**zu TOP 5:** Der Schatzmeister, Herr Dr. Steckert, erläutert den von ihm erstellten Kassenbericht 2007, der im Report 1/2008 schon veröffentlicht wurde.

**zu TOP 6:** Dr. Döring bestätigt, dass im Bericht der Kassenprüfung, wie im Report 1/2008 veröffentlicht, die korrekte Kassenführung festgestellt wurde. Er regt an, bei der Sparkasse über günstigere Konditionen für das DfwG-Konto zu verhandeln.

Dem Schatzmeister wird, bei eigener Enthaltung, einstimmig Entlastung erteilt.

**zu TOP 7:** keine Wortmeldungen

Dr. Rösler erklärt die Mitgliederversammlung für beendet.

Berlin, den 19.02.2009

Fürstfeldbruck, den 19.02.2009



Dipl.-Ing. Frank Rochow  
(Sekretär)  
(Protokollführer)

Dr.-Ing. Gerhard Rösler  
(Präsident)



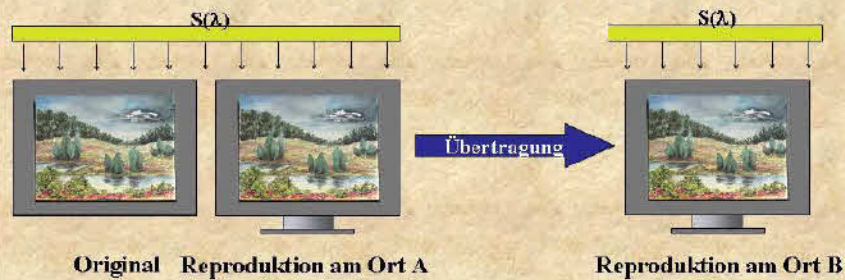
# Ein Softproof-Arbeitsplatz für die Messung von Farbdifferenzen

Prof. Dr. Bernhard Hill, RWTH Aachen

## Gliederung

1. Was sollte ein Softproof-Arbeitsplatz leisten?
2. Aufbau eines Softproof-Arbeitsplatzes für einen visuellen Farbvergleich
3. Algorithmen der Farbverarbeitung
4. Experimentelle Erfahrungen und Beobachtermetamerie
5. Farbproduktion nach Beobachterwinkel und Alter

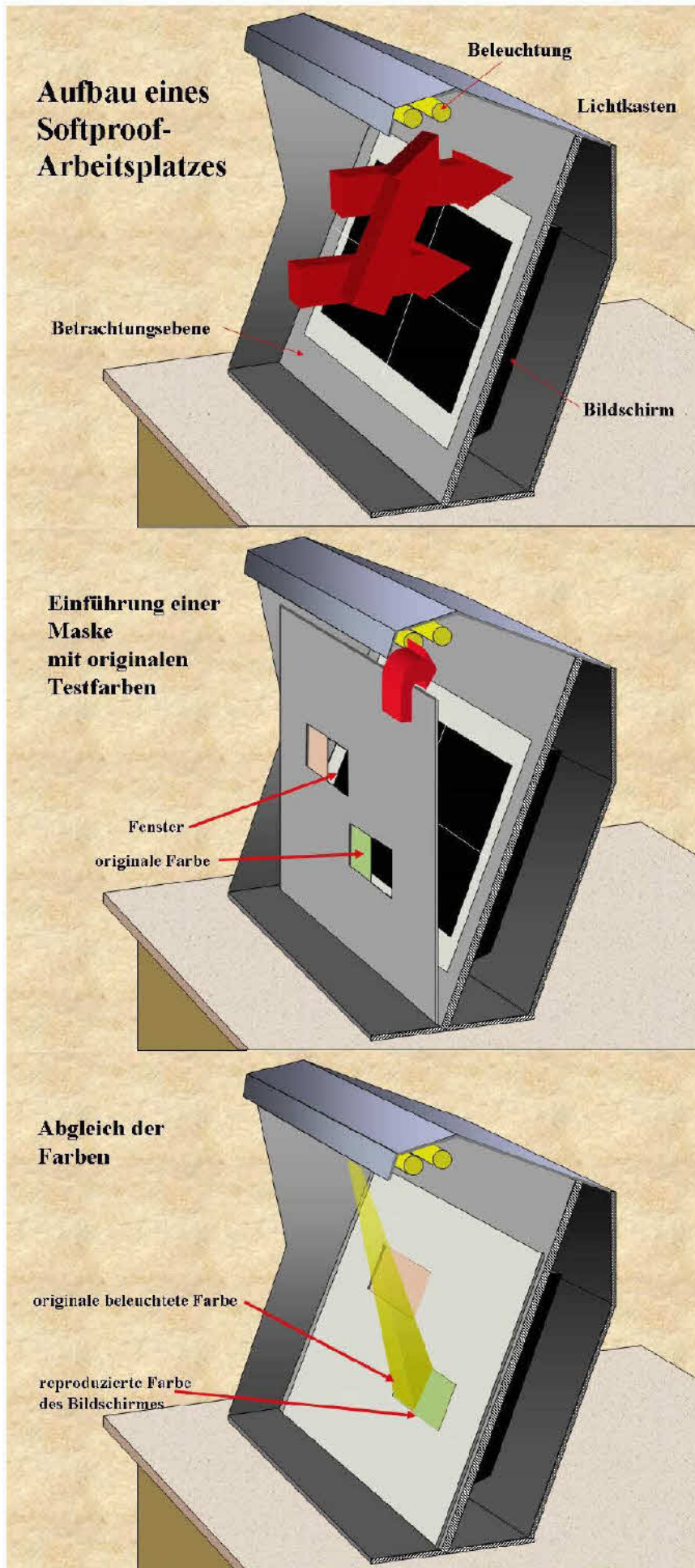
## Was sollte ein Softproof-Arbeitsplatz leisten???



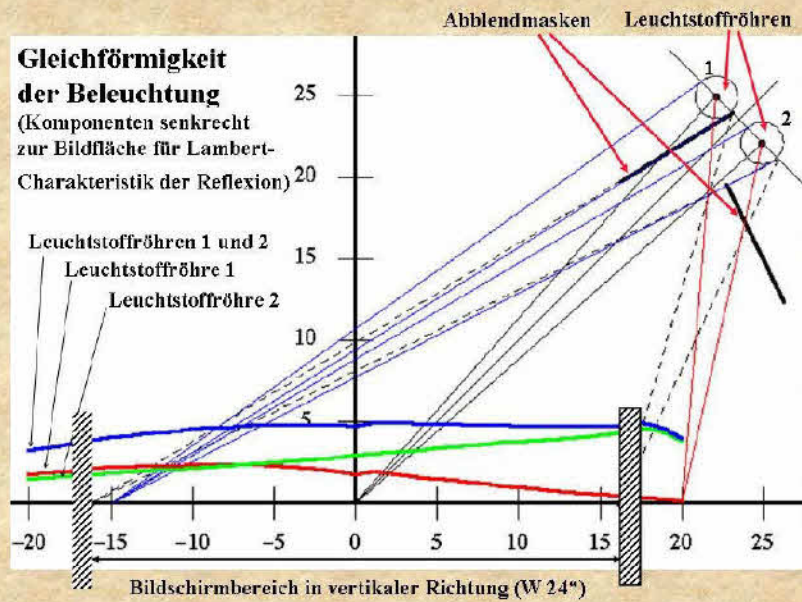
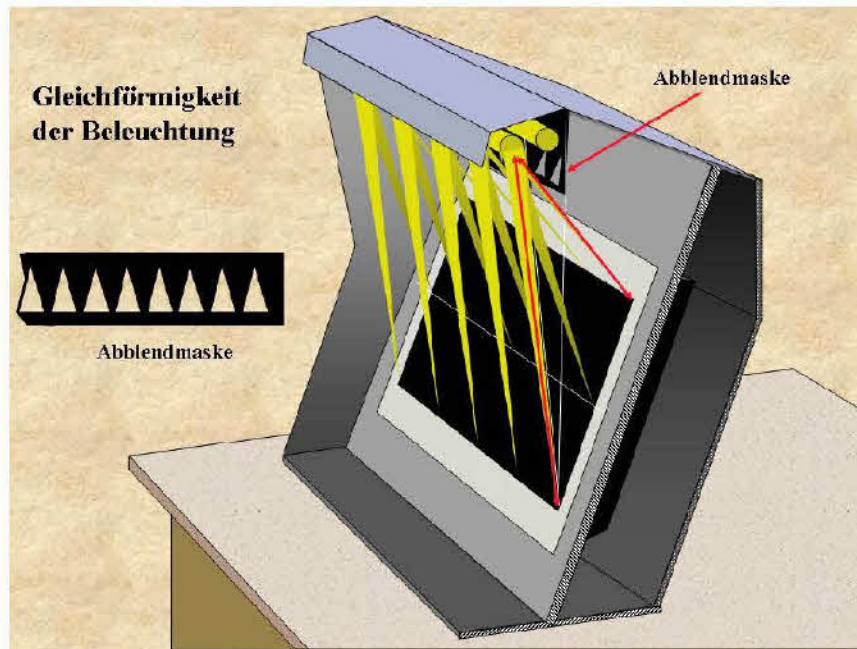
**Farben im Bild sollen unabhängig vom Aufstellungsort immer genauso aussehen wie die Farben im Original !**

**Forderungen:**

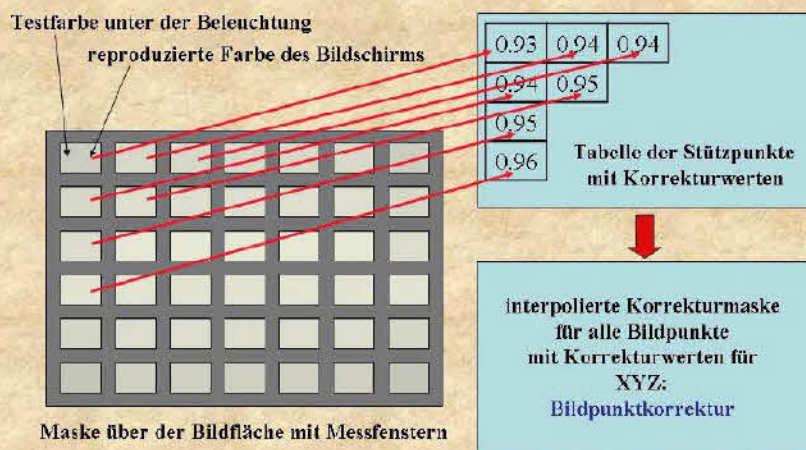
1. Betrachtung aller Farben im gleichen Umfeld und unter gleicher Beleuchtung
2. Exakter Abgleich der Helligkeit aller Farben von Original und Reproduktion
3. Einhaltung dieser Bedingung an jedem beliebigen Ort der Reproduktion

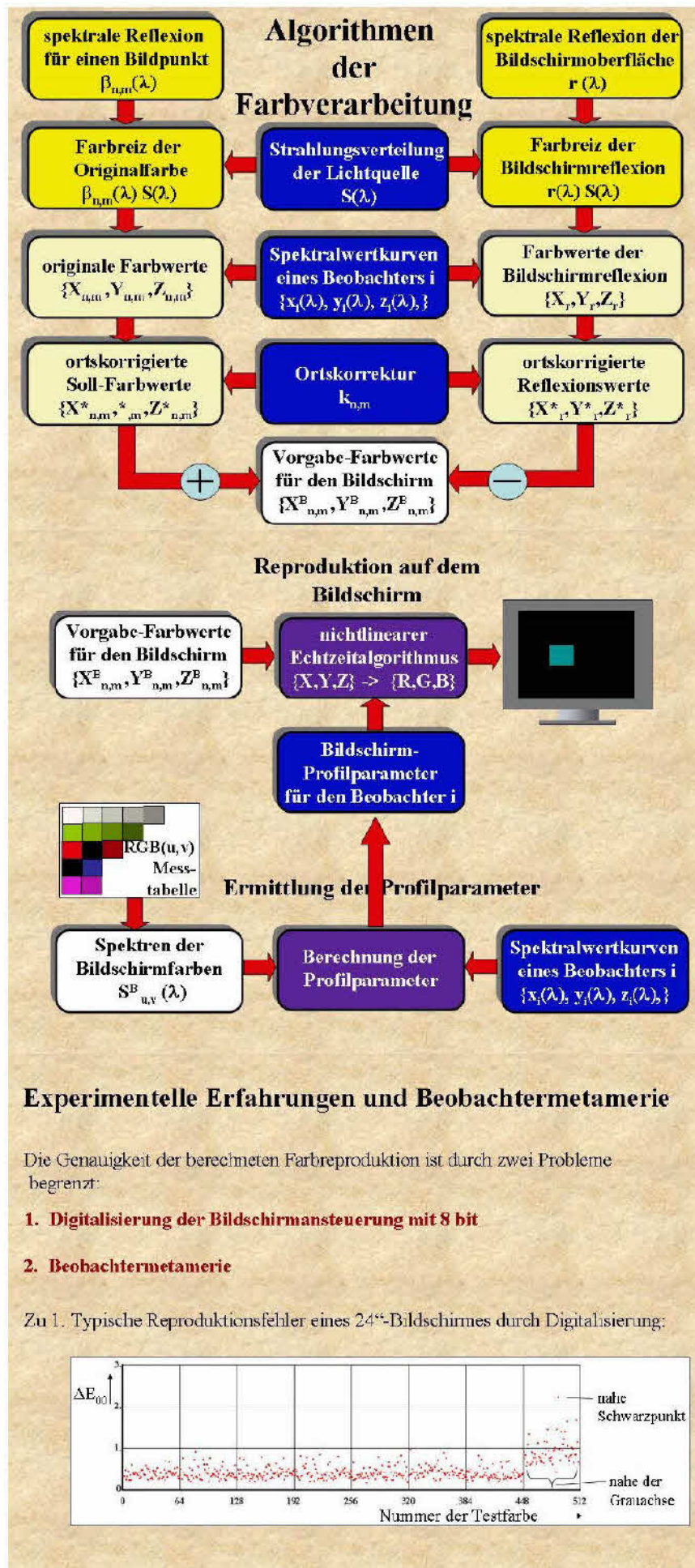






**Angleichung der Bildschirmhelligkeit**



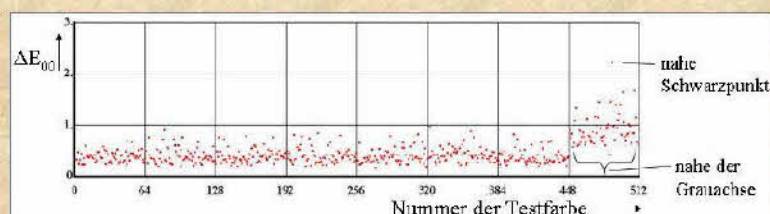


## Experimentelle Erfahrungen und Beobachtermetamerie

Die Genauigkeit der berechneten Farbproduktion ist durch zwei Probleme begrenzt:

- 1. Digitalisierung der Bildschirmansteuerung mit 8 bit**
- 2. Beobachtermetamerie**

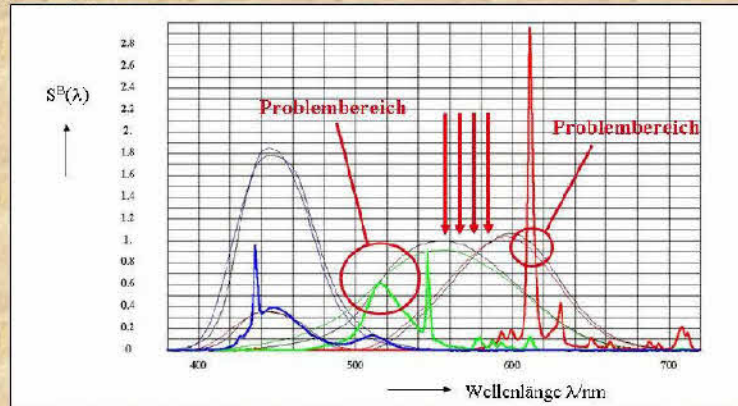
Zu 1. Typische Reproduktionsfehler eines 24"-Bildschirmes durch Digitalisierung:





Zu 2. Beobachtermetamerie

Beobachtermetamerie entsteht durch die ungleichförmige Strahlungsverteilung der Primärfarben des Bildschirms!



Typische Strahlungsverteilung der Primärfarben eines 24"- (wide gamut) LCD-Bildschirmes und Spektralwertkurven  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$  und  $z(\lambda)$  des CIE 2° Beobachters und des 1964-10° Beobachters.

Die Auswirkungen der Beobachtermetamerie sind Unterschiede im Farbton, die insbesondere für Farben nahe der Grauchse visuell sichtbar sind!  
Abhängig vom Beobachterwinkel treten zusätzlich Helligkeitsunterschiede auf!

Typische Effekte bei der Reproduktion einer weißen Farbe:



Größenordnung der visuellen Farbdifferenzen am Beispiel des Unterschiedes zwischen der Wahrnehmung des linken und rechten Auges.

$$\Delta E_{00, \text{links} \rightarrow \text{rechts}} = 0.56$$

(Leuchtstofflampe D50,  $XYZ_{\text{links}} = \{0.711, 0.755, 0.598\}$ ,  $XYZ_{\text{rechts}} = \{0.7184, 0.764, 0.5981\}$ )

### Farbproduktion nach Beobachter

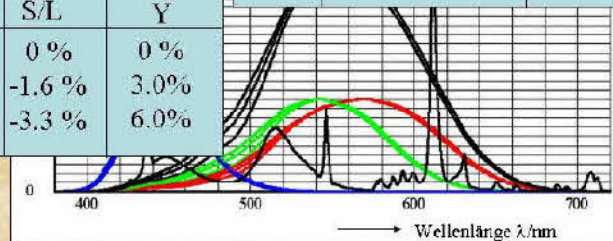
Erweiterung des Softproof-Arbeitsplatzes  
Beobachter nach dem von der CIE vorge-

Prozentuale Änderung der  
Farbwerte {L,M,S} und des  
Helligkeitswertes

L/L	M/L	S/L	Y
0%	0%	0%	0%
0%	3.2%	-1.6%	3.0%
0%	4.7%	-3.3%	6.0%

Änderung für Weiß unter einer  
Leuchtstofflampe D65 mit gleichen  
Farbwerten für Beobachter 1

L/L	M/L	S/L	Y
0%	0%	0%	0%
0%	2.0%	-2.2%	2.2%
0%	3.3%	-4.1%	5.0%

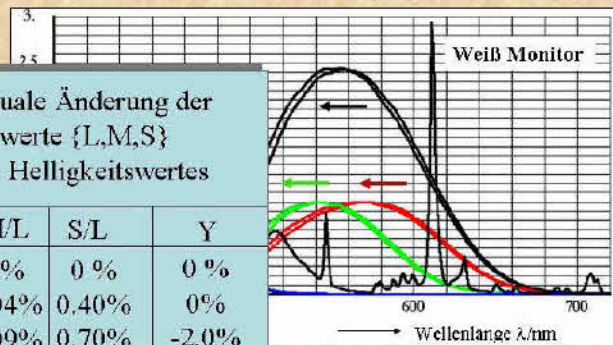


Lms-Kurven für ansteigende Beobachterwinkel von 2°, 6° und 10° und ein Alter von 35

Ein Beispiel für die Änderung mit dem Alter:

Prozentuale Änderung der  
Farbwerte {L,M,S}  
und des Helligkeitswertes

L/L	M/L	S/L	Y
0%	0%	0%	0%
0%	0.04%	0.40%	0%
0%	0.09%	0.70%	-2.0%
0%	0.14%	1.04%	-2.7%



Lms-Kurven für ansteigendes Alter des Beobachters und einen Beobachterwinkel von 2°

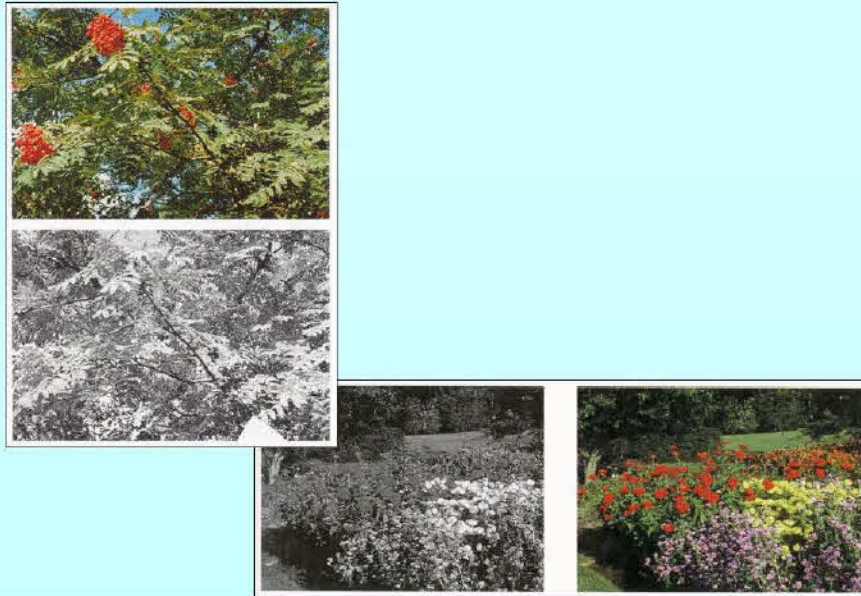
**30 -> 40 -> 50 -> 60 Jahre**

## Weitere Entwicklungen

1. Bildsegmentierung nach Farbflächen unterschiedlicher Größe und automatische Zuweisung unterschiedlicher Beobachterwinkel in einem Bild
2. Untersuchungen zur Relevanz des Beobachtermodells

# Systemtheorie von Form- und Farbwahrnehmung

G. Hauske, TU München, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik



Farb- vs Schwarz-Weiß-Darstellung

DfwG-Homepage:

Die Farbe eines Gegenstandes ist ein primäres Qualitätsmerkmal, das mit dem Auge wahrgenommen wird. Es können mehrere Millionen Farben unterschieden werden.

Was ist Farbe? (1)



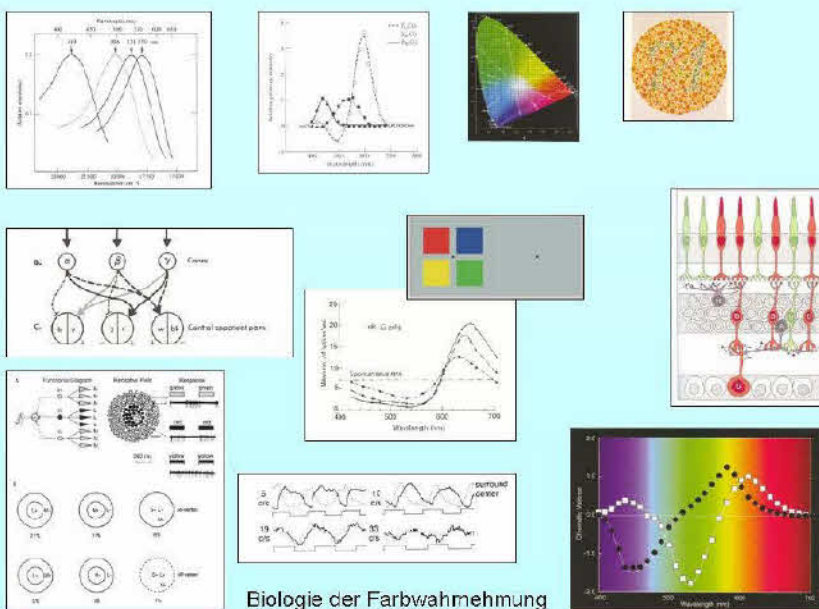
Farbe ist diejenige Gesichtsempfindung eines dem Auge strukturlos erscheinenden Teiles des Gesichtsfeldes, durch die sich dieser Teil bei einäugiger Beobachtung mit unbewegtem Auge von einem gleichzeitig gesehenen, ebenfalls strukturlosen angrenzenden Bezirk allein unterscheiden kann.

[DIN 5033, Bl. 1]

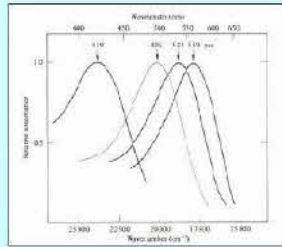
Was ist Farbe? (2)



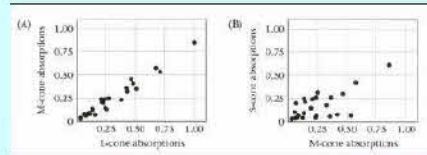
Helligkeits- vs. Farbkontrast



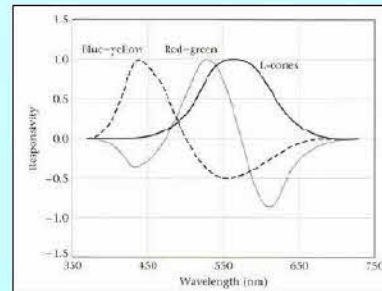




Rowenaker und Dornball, 1983



Wendell, 1995



Wendell, 1995

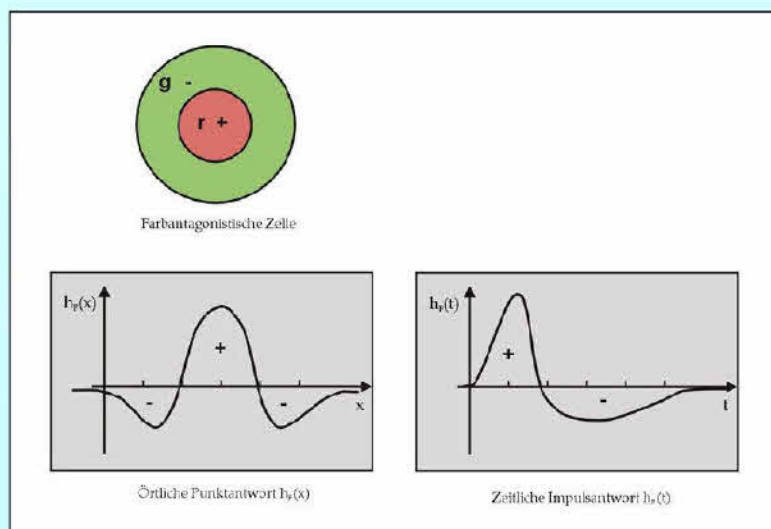
Dekorrelation im Gegenfarbensystem

Any reader who may have felt that in a book supposedly devoted to color too much emphasis has already been placed on spatial vision, it should be pointed out that we have now arrived at the clearest reason why it is absolutely necessary to do so.

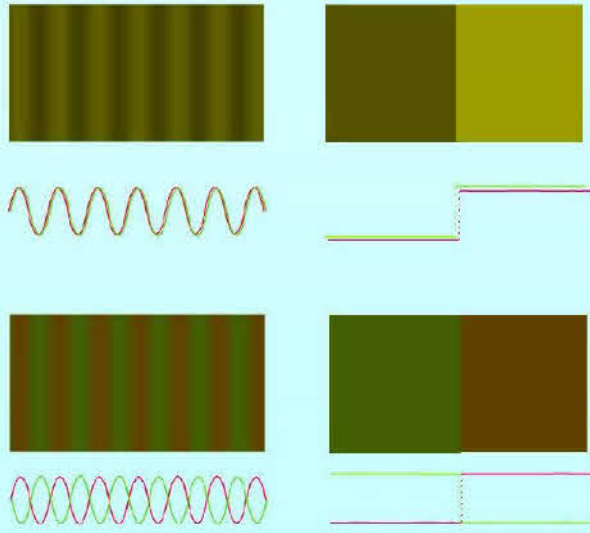
..... cells apparently have the dual function of signaling contour as well as color.

[P. K. Kaiser and R. M. Boynton: Human Color Vision, second edition, p. 294 f]

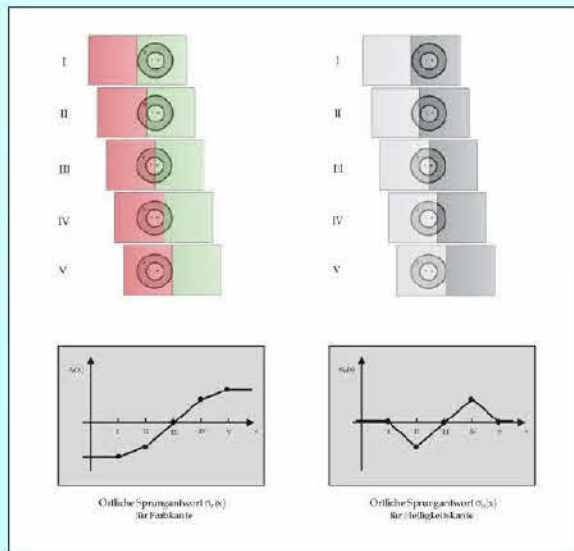
Farbe und Form (1)



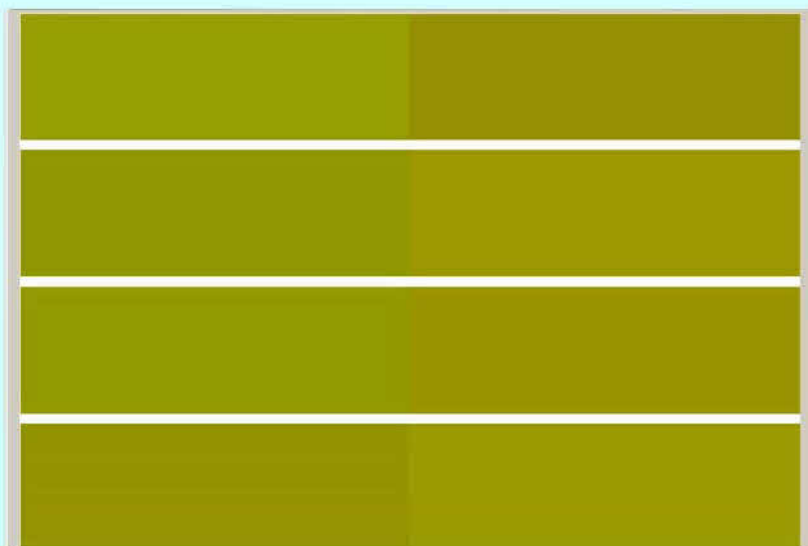
Farbe und Form (2)



Farb-Systemtheorie

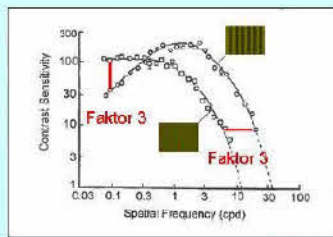


Farb- und Helligkeitskante



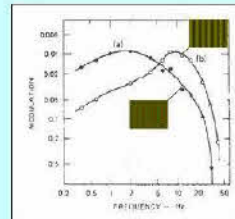
Farb- plus Formkontrast

Ortsfrequenz



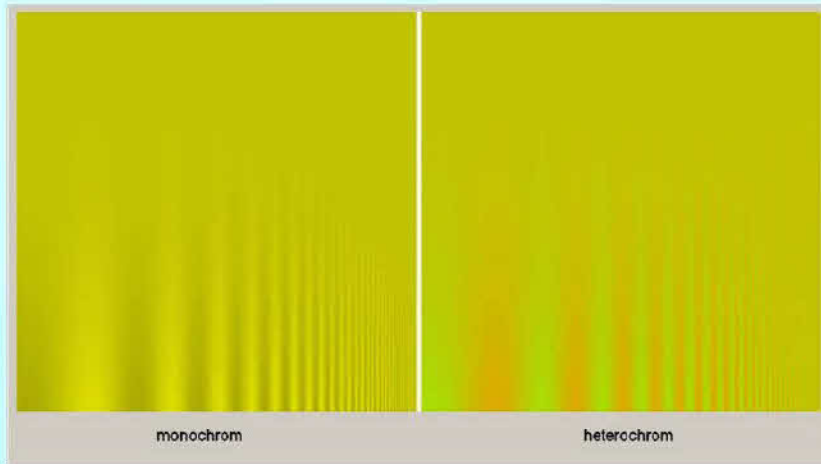
Mullen, 1934

Zeitfrequenz

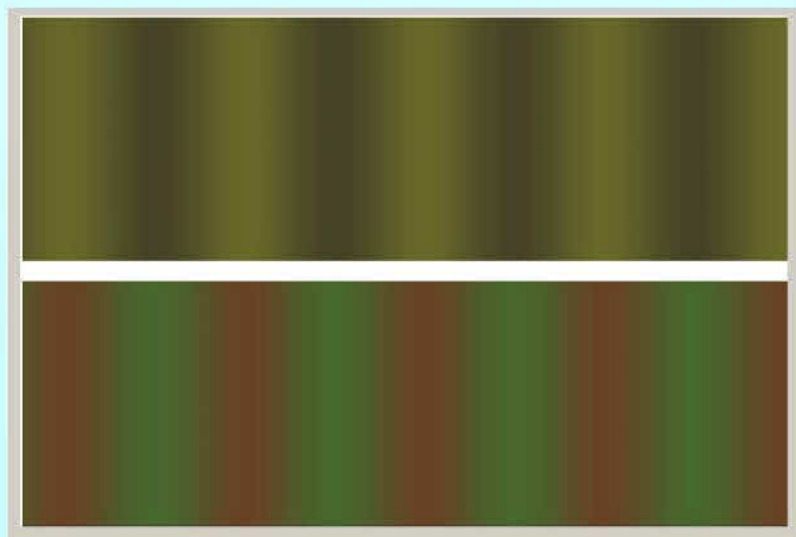


Kelly and van Nooy, 1977

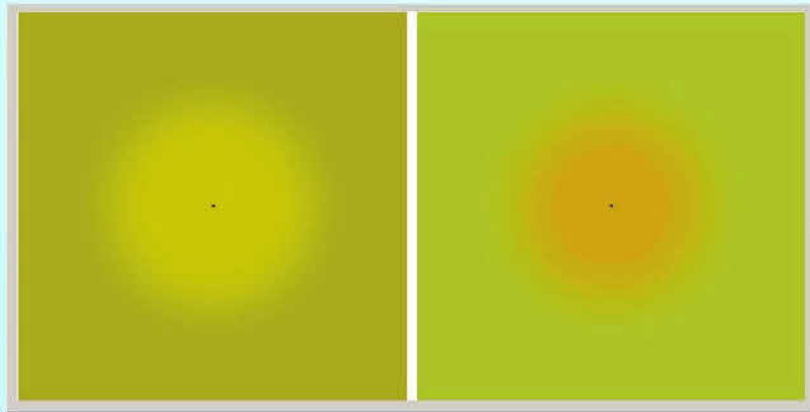
Übertragungsfunktionen für Farbe und Form



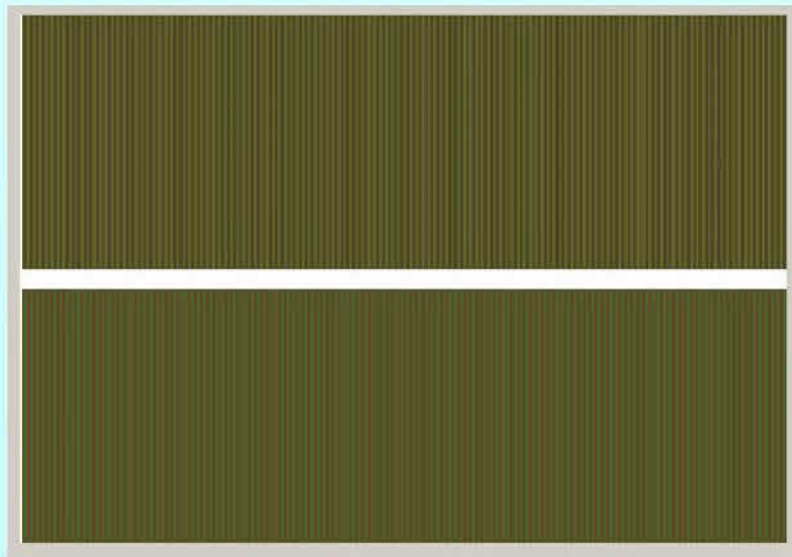
Örtliche Übertragungsfunktion nach F. W. Campbell



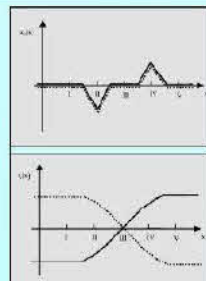
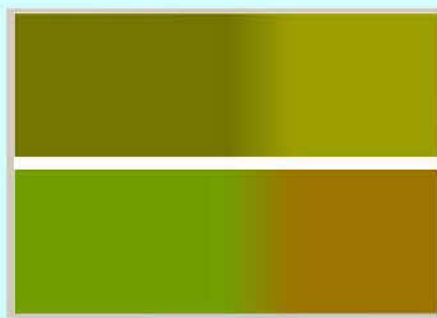
Niedere Ortsfrequenz



Flau Scheibe

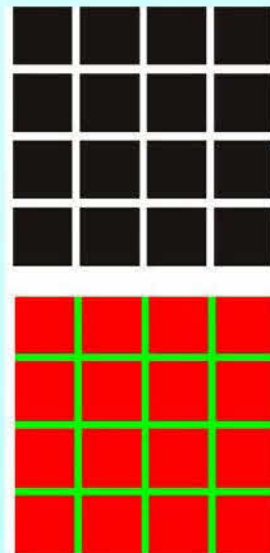


Hohe Ortsfrequenz

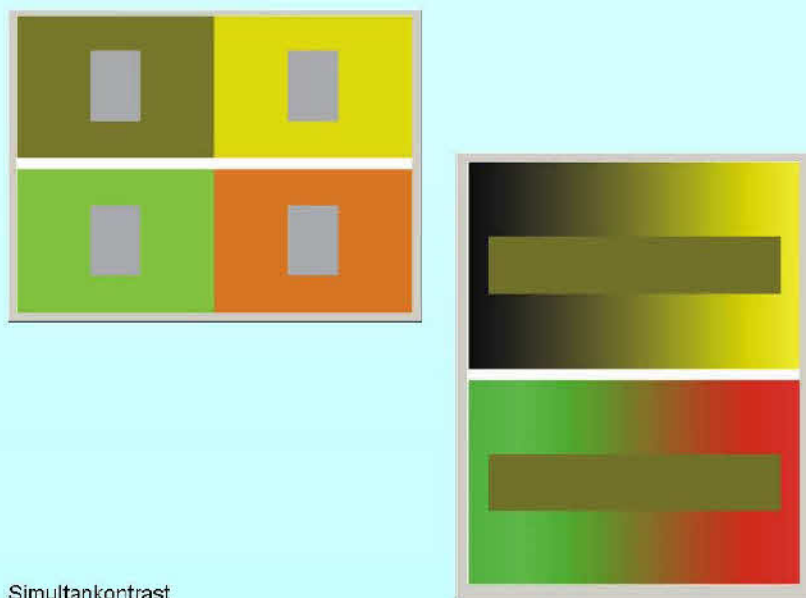


Mach-Bänder

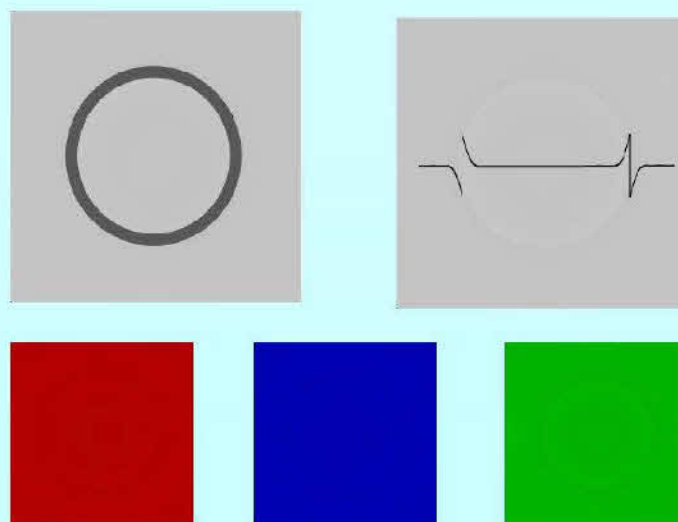




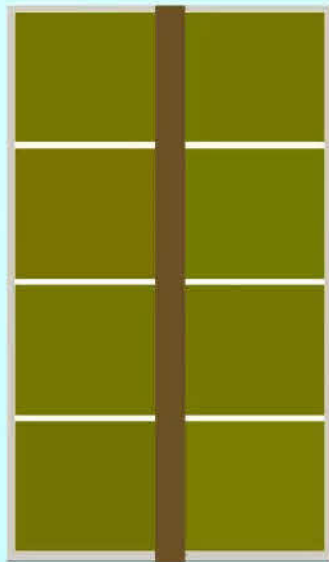
Hermann-Gitter



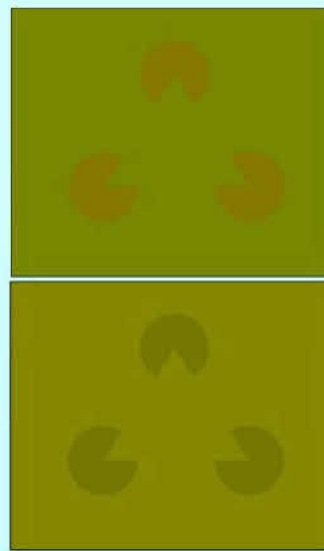
Simultankontrast



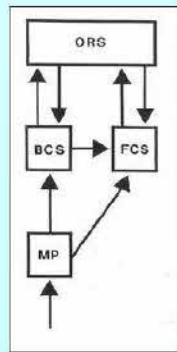
Craik-O'Brien-Effekt



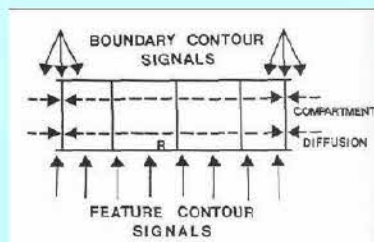
Craik-O'Brien-Effekt



Kanizsa-Täuschung



ORS object recognition system  
 BCS boundary contour system  
 FCS feature contour system  
 MP: monocular processing



Grossberg-Modell für Farbe und Form

[Grossberg, 1990]

Boundary Coding System

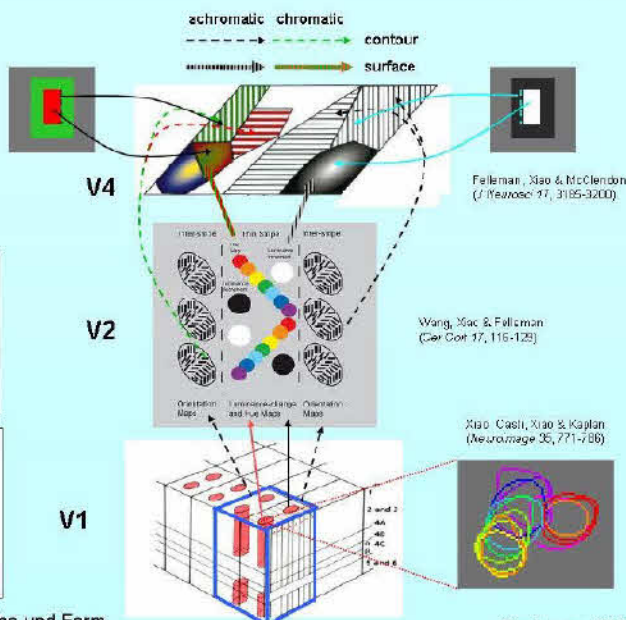
- V1: interblobs
- V2: interstripes
- V4: orientation maps

Feature Coding System

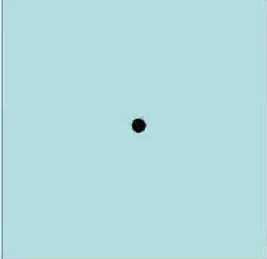
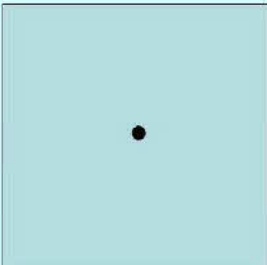
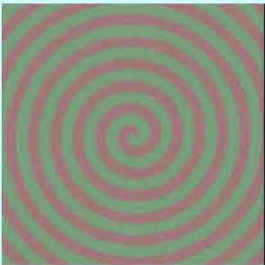
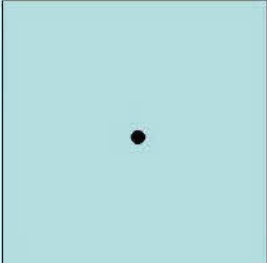
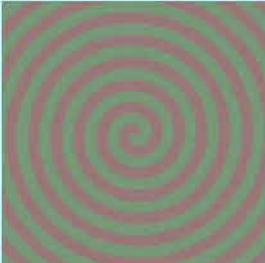
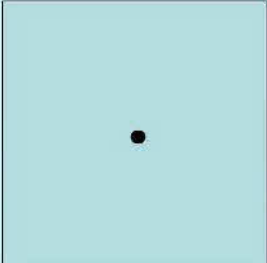
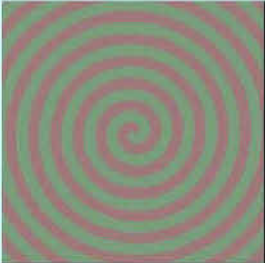
- V1: blobs
- V2: thin stripes
- V4: surface maps



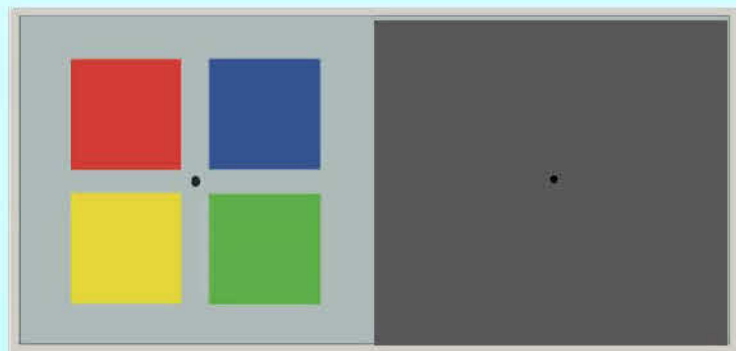
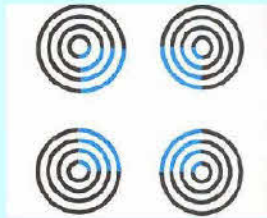
Neurobiologie von Farbe und Form

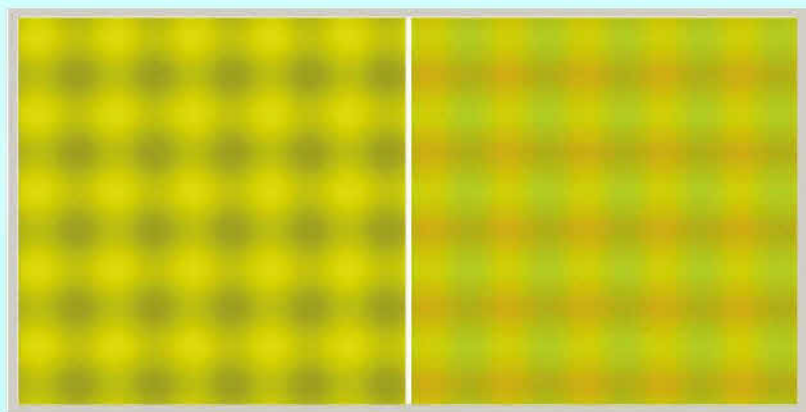
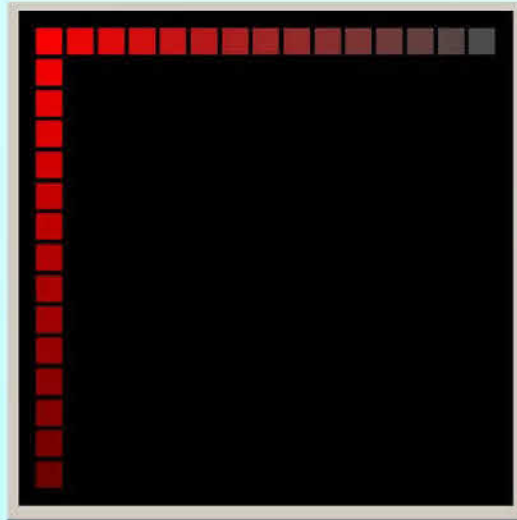


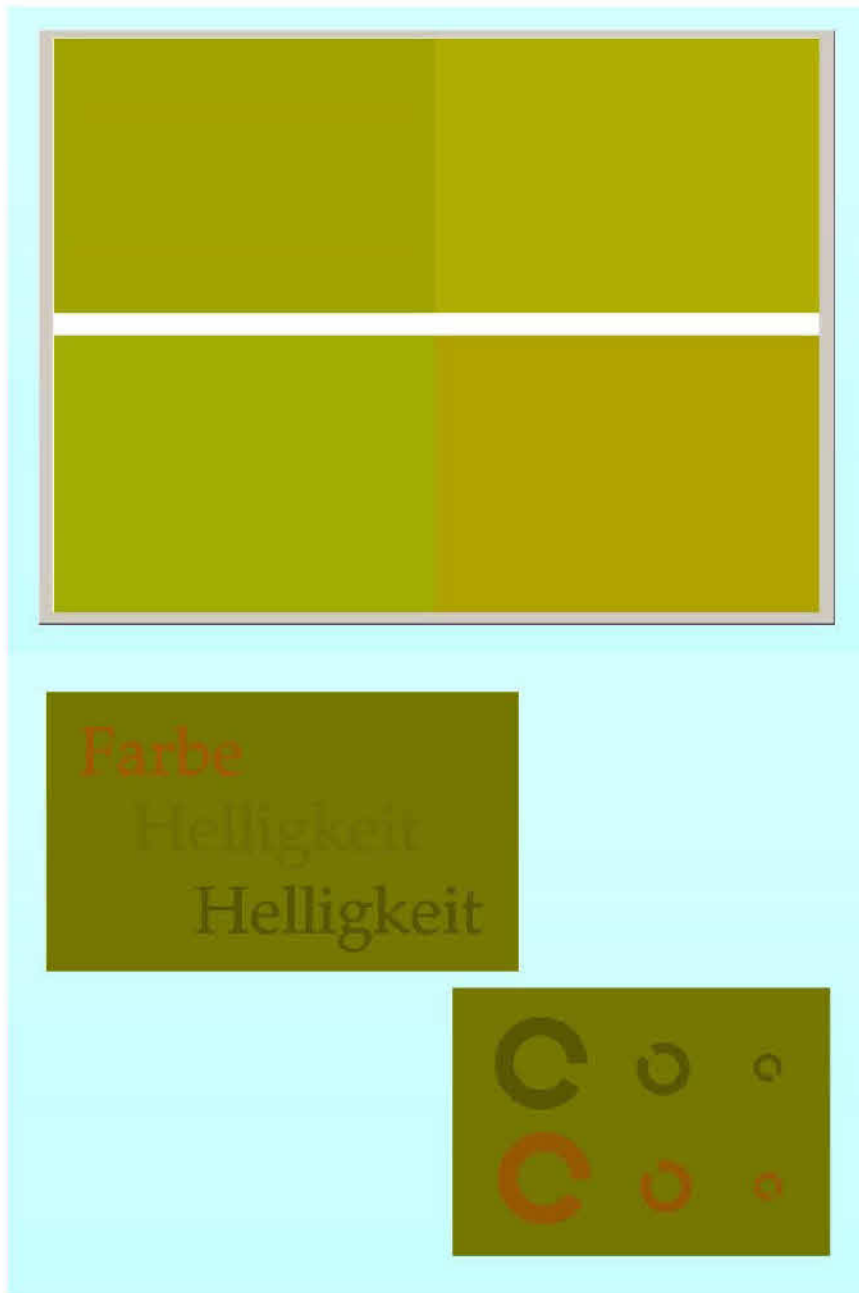
[Breitmeyer, 2008]













# Die Anwendung moderner Farbabstandsformeln in der grafischen Industrie

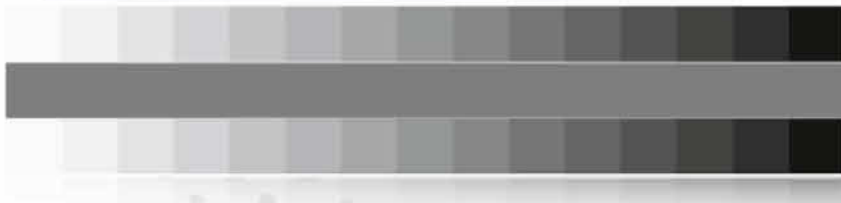
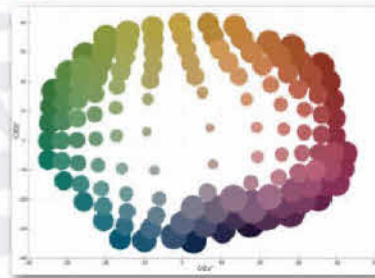
Andreas Kraushaar, FOGRA, München

DfwG, München, 2008



## Die Anwendung moderner Farbabstandsformeln in der grafischen Industrie

Ergebnisse aus dem AiF-Forschungsbericht [60.054]



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

1

DfwG, München, 2008



## Agenda

1. Die Abmusterung in der grafischen Industrie
2. Eigenschaften einer perfekten Abmusterung
3. Einfluss des Umfeldes
4. Moderne Farbabstandsformeln
5. Experiment: "Fogra-Rosen"
6. Farbabstandsbewertung bei der Qualitätssicherung
7. Auswertung für die Softproofbewertung
8. Zusammenfassung & Ausblick

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

2



## 1. Die Abmusterung in der graf. Industrie

### Abmusterung:

... der visuelle Vergleich einer Vorlage (Originals) mit der Nachstellung (Reproduktion) hinsichtlich der farblichen Übereinstimmung.

- Kontrast [lokal und global]
- Detailerkennbarkeit [Schärfe]
- Farbabweichungen
- "Tiefe"
- Homogenität

➔ wenig objektive Bewertungsmaßstäbe



Bildquelle: hvdm

- „Vorne links ein bisschen freundlicher“
- „Hinten mehr Magenta, vorne eher weniger! (?)“
- „Das dauert!“

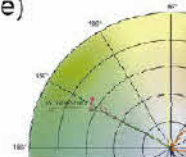
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

3



## 1. Anwendungen der Farbabstandsbeurteilung in der graf. Industrie

- ✦ Verwendung bei der Ersatzfarbenfindung (Color Picker, etc)
- ✦ Anwendung bei Gamut-Mapping Strategien
- ✦ Anwendung bei Kreativen (Gleichabständigkeit für große Farbabstände)
- ✦ Anwendung bei der Bewertung von Softproofs
- ✦ Anwendung bei der Indizeberechnung (Score)
- ✦ Ermittlung optimaler Prozessparameter ["Best Match"]



Quelle: XRTE

4

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

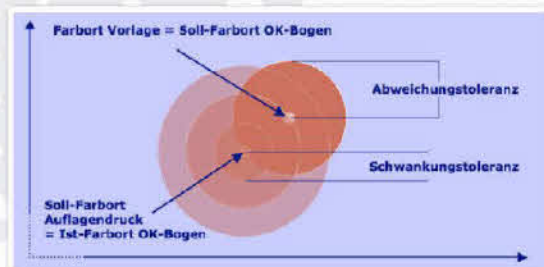


## 1. Die Abmusterung in der graf. Industrie

- Größten Probleme stellen Farbabweichungen dar
- Drucktechnische Parameter [Registergenauigkeit, Rasterpunkt wiedergabe, Homogenität], die ursächlich für weitere Qualitätskriterien sind, werden meist im Vorfeld [Prozesskalibrierung] oder zu Druckbeginn berücksichtigt
- CIE Lichtart D50 durchgängig vorgeschrieben [ISO 13655, ISO 3664]

### Vorlagen:

- Original
- Prüfdruck
- Andruck
- Druck



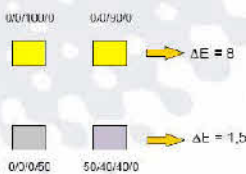
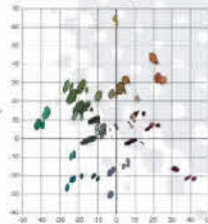
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

5



### 1. Aktuelle Problemstellungen

- Regelungen im ProzessStandard [PSO] durch Volltonfärbung und Tonwertzunahme (Graubalance) definiert
- Toleranzen durch Konsensfindung und (oft) nicht durch durch visuell (akzeptierte) Farbabstände bestimmt
- Bilder bestehen meist aus Raster- (und nicht Voll-) tönen
- Vorhande Bewertung mit CIELAB 1976 war ausreichend, zeigt allerdings Schwächen [gelber Farbbereich und bunte Farben allgemein]



$\Delta E_{ab}$	Empfindung bzw. Farbeindruck
0 und 1	normalerweise nicht sichtbar
1 und 2	sehr kleine Abweichung, nur von einem geschulten Auge erkennbar
2 und 3,5	mildere Abweichung, auch von einem ungeschulten Auge erkennbar
3,5 und 5	deutliche Abweichung
über 6	starke Abweichung

typische Druckschwankungen

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

6



### 2. Eigenschaften einer perfekten Abmusterung

- Einfach anwendbare, kommunizierbare Farbabstandsbewertung
- Einfache Interpretation [Auftrennung in Komponenten - Helligkeit, Buntton und Buntheit]
- Möglichkeit des Rückschlusses auf Prozessparameter
- Übereinstimmung von Farbmessung und visuellem Urteil
- Einheitlicher Bewertungsmaßstab [“Schweinebauch oder Vogue”]
- Konsens zwischen Druckeinkäufer, Agentur und Druckdienstleister
- Farbmesstechnik, die normkonform misst
- Abmusterungsbeleuchtung mit sehr guter Normlichtsimulation [ISO 3664, CIE 51.2]

„Wo man messen kann, braucht man nicht zu streiten“

Prof. Dr. Johannes Albrecht, Fogra Mitteilungen Nr. 47, S. 2, 1978



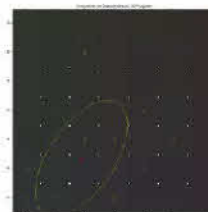
Bildquelle: F. Süßli

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

7



### 3. Einfluss des Umfeldes



Experiment: Identifikation eines grauen (farbstichfrei, neutral) Feldes

5 verschiedene Umfeldler (Modifikation Hintergrund + Papierfläche)

Feld 1	CIEL	CIEa	CIEb
Mittel	36,5	-1,8	-0,9
Std.-abw.	0,6	1,6	1,3
Integrals	2,2		
Std.-abw.			

Ergebnisse

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

8





#### 4. Untersuchung moderner Farbabstandsformeln

Los gehts!

„Es ist müßig zu erhoffen, dass man zur eindeutigen Kennzeichnung von Farbe mit einfachen Funktionen auskommt“

U. Schult: Das ... Umfeld und Farbabstandsreih: 1991, S.120.

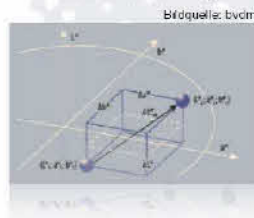
„Leider ist gerade auf dem Gebiet der Farbenlehre von manchem Physiker hierbei (psychophysische Untersuchungen) schwer gesündigt worden, wie andererseits viele Psychologen den einwandfreien physikalischen und physiologischen Bedingungen der Versuchsanordnung viel zu wenig Beachtung geschenkt haben.“

M. Richter, „Zeitschrift für Sinnesphysiologie“, 1955, S. 08



#### 4. Moderne Farbabstandsformeln ...

- Einfache Abstandsmetriken (CIELAB 1976)
- Wichtung der Differenzkomponenten (CMC, CIEDE94, CIEDE2000, Lübbe Formel etc.)
- Transformation in neuen Raum (DIN99, CIECAM02)
- Euklidisierung von Farbabstandsformeln (Urban 2007)



#### 4. - Anforderungen an eine Formel

- 1 Einfache Anwendung und Kommunikation
- 2 Darstellung und Interpretation der Komponenten (Farbton, Buntheit und Helligkeit)
- 3 Symmetrische Implementierung (Gleiches Ergebnis bei Tausch von Standard und Probe)
- 4 Empfindungsgemäß gleichabständige Stufung (Gute Anpassung an farbpsychologische Datensätze (aus dem jeweiligen Anwendungsgebiet))
- 5 Einfache Implementierung (Nachrüstung) in vorhandene Messtechnik

CIE-Beschreibung	Umgangssprachliche Vermerkung
CIE 1975 lightness $L^*$	Helligkeit, L
CIE a*, CIE b*	a, b
CIE 1976 $a^*$ , $b^*$ (CIE LAB) Buntheit	a, CIE c*
chroma $C^*$ = $\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$	
CIE 1976 $a^*$ , $b^*$ (CIE LAB) hue	Buntonwinkel, h, CIE h*
angle $h_{ab}$ = $\arctan(b^*/a^*)$	
CIE LAB colour difference, Farbabstand	Delta E, Delta E, $\Delta E^*$ , $\Delta E^*$ , CIE LAB $\Delta E^*$
$\Delta E^*$	1976

Darstellung der genauen Bezeichnung gemäß CIE.

DfwG, München, 2008

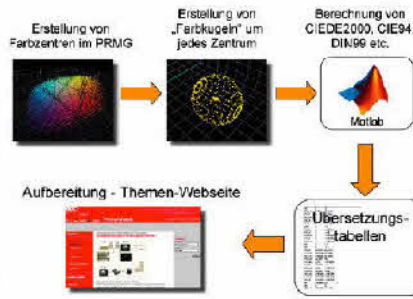


#### 4. Vergleich von Farbabstandsformeln - "ΔE-Finder"

Hilfsmittel, um von einer Farbabstandsformel in eine andere umzurechnen!

Bsp.

Welchem  $\Delta E_{ab}$  entsprechen 3 CIEDE2000 im Farbbereich von CIELAB= 50 35 45?



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

12

DfwG, München, 2008



#### 4. - Übersetzungstabelle für FOGRA39

Probe	Referenz (hier CIELAB 1976)			$\Delta E_{ab}$	Verteilung bei CIEDE2000			
	CIEL*	a*	b*		Mittel $\Delta E_{90}$	Max $\Delta E_{90}$	Min $\Delta E_{90}$	Stabw $\Delta E_{90}$
Cyan	56	37	50	5	2,5	4,0	1,3	1,0
Magenta	-37	-50	-3	5	2,7	5	1,1	0,9
Gelb	-50	74	93	5	2,0	3,2	1,0	0,7
Schwarz	5	-3	0	5	4,8	6,4	3,2	0,7
Rot	2,5	-5	48	5	2,9	5,0	1,0	0,9
Grün	4,9	90	27	5	2,7	4,8	1,2	0,9
Blau	1,3	0	-46	5	2,9	4,0	1,3	0,7
Papier	1,0	0	-2	5	4,7	6,6	2,9	0,8

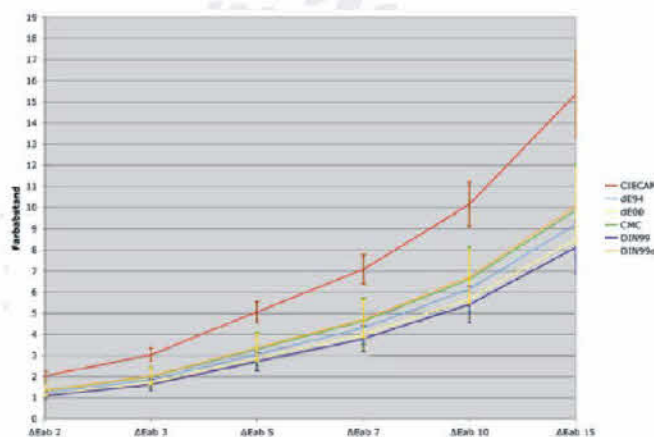
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

13

DfwG, München, 2008



#### 4. Vergleich verschiedener Farbabstandsformeln



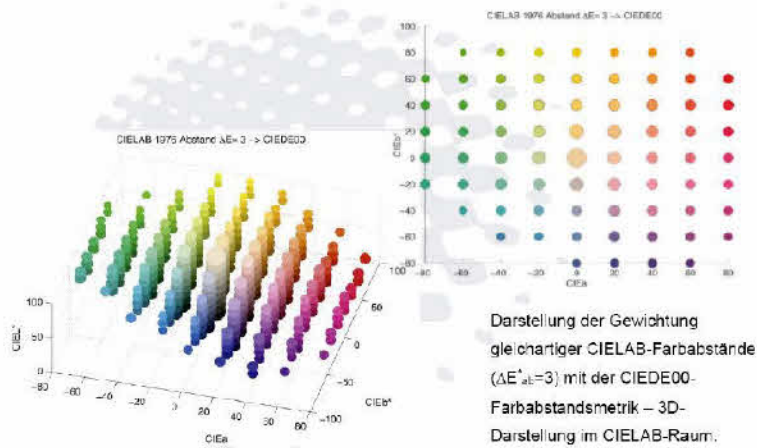
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

14

DfwG, München, 2008



#### 4. - Darstellung der Unterschiede im Farbenraum



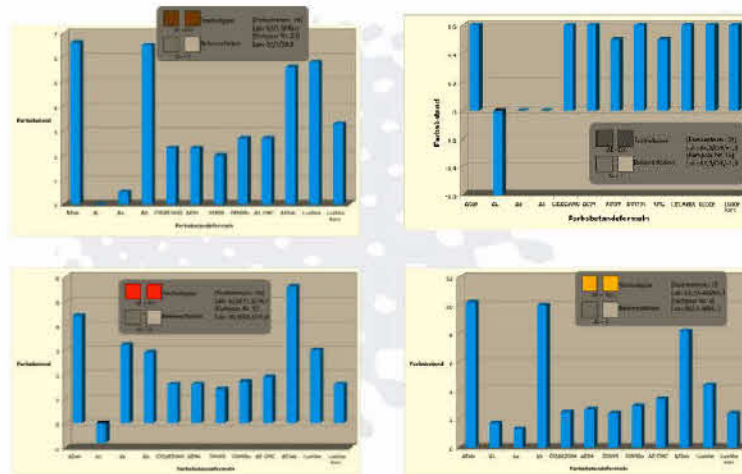
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

15

DfwG, München, 2008



#### 4 - Unterschiede an Einzelfarben



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

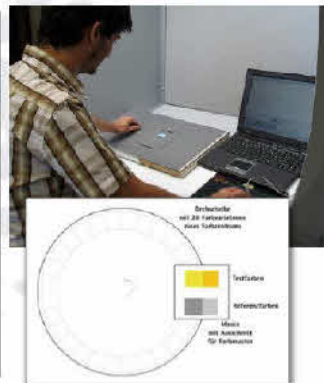
DfwG, München, 2008



#### 5. - Experiment: Die Fogra-Rosen

Motivation: Erarbeitung eines Datensatzes, der optimal die drucktechnischen Abmusterung widerspiegelt.

	CE-Referenzbedingung	Bedingungen Fogra-Experiment
Lichtart	D50 (Simulation)	D50 (Simulation)
Beleuchtungsstärke	1000 lx	2022 lx (Leuchtdichte Papierweiß $\approx$ 400 cd/m <sup>2</sup> )
Bedrucktes	Farbraumweiß	Farbraumweiß + er-farben
Umgebung (Grund)	mittegrau und gleichmäßig (CIE L* = 50) (D50RA39 CMYK 0,0/0/0 = CIE LAB 50/0/0)	
Erstinspektionsweise	Körperfarbe (im Gegenlicht, zur Betrachter oder schiefes Licht) oder Folien	
Probengröße	Größer als 1"	ca. 2"
Probentrennung	anhandortentzweit (mittelbarer Kontakt)	
Probentfarbstand	0 bis 0,2 ΔE*	
Oberflächenstruktur	homogen, möglichst texturlos (nicht texturiert, Druck oder Lacke)	homogene, gedruckte Fläche



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

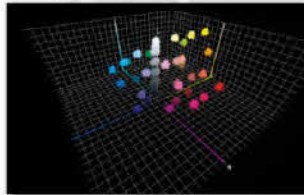
17



## 6. Testfarbenauswahl

- 46 Farbzentren des Medienkeils [F39]
- je 28 (+X) Farbnachbarn
- je 3 Grau-Referenzabstände
- 20 Probanden (Experiment wird weitergeführt)

= 77280 Farbmusterungen

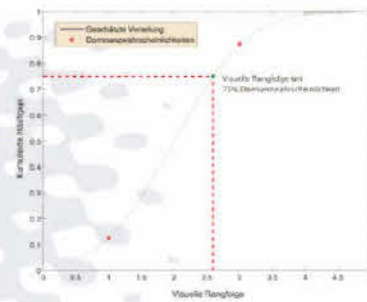


Farbzentrum Rot

16

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

## 6. Auswertung



Farbpsychologischer Datensatz

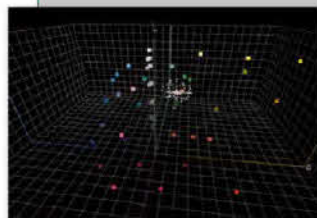
- Konsistenzchecks
- Plausibilitätsprüfung
- Güte des Datensatzes (PFA und STRFSA)

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

19

## 6. Ergebnis am Beispiel

Farbzentrum (1 bis 46)	Farbpaar (1 bis 28)	Visuelle Rangstufe 1	Visuelle Rangstufe 3	Visuelle Rangstufe 5
33 „Hautton“	1	0,125	0,875	1
	2	0,375	1	1
	3	0,125	0,625	0,875
		⋮	⋮	⋮



Darstellung der Dominanzwahrscheinlichkeiten für die ersten drei Testfarbpaare des Farbzentrs Nr. 33 jeweils gegen die drei Graureferenzabstände ( $\Delta E^*_{ab}=1,3$  und 5) – hier mit Rangstufe 1, 3 und 5 bezeichnet.

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

20

DfwG, München, 2008



### 6. Gesamtergebnis\*

Farbzentrum / 33 / Raute 1		Parameter		
AV	2,5			
ΔE76	2,5			
ΔE94	2,0			
ΔE00	1,6			
CMC	1,8			
Lübbe	2,4			
Lübbe kor.	1,7			
CIECAM02	2,5			
DIN99	1,6			
DIN99c	1,6			
Anzahl	9			
Prozandern				
Anzahl Wiederholungen	11			
Messwerte	71,4, 19,3, 17,7			
CIE, A91 (Farbzentrum)				
Messwerte	60,5, 18,2, 16,9			
CIE, A92				

Parameter	Alle Farben	
Gütekriterium	„PF/3“	„STRESS“
ΔE76	55	45
ΔE94	36	31
ΔE00	29	21
DIN99	33	29
DIN99c	30	24
CMC	34	32
Lübbe	34	29
Lübbe kor.	33	27
CIECAM02	52	44

Auszug aus Datensatz „Fogra Rosen 2008“ – Farbzentrum 33 / Testfarbe 1 (von 26).

aktueller Stand

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

21

DfwG, München, 2008



### 6. Modifiziertes Bewertungsschema

ΔE <sub>ab</sub>	ΔE <sub>00</sub>	Empfindung bzw. Farbeindruck
0 bis 1	Bis 0,5	normalerweise nicht sichtbar
1 bis 2	0,5 bis 1	sehr kleine Abweichung, nur von einem geschulten Auge erkennbar
2 bis 3,5	1 bis 2	mittlere Abweichung, auch von einem ungeschulten Auge erkennbar
3,5 bis 5	2 bis 4	deutliche Abweichung
über 6	über 4	starke Abweichung

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

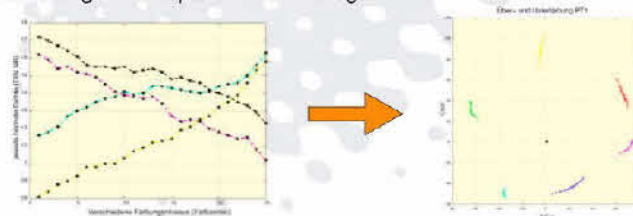
22

DfwG, München, 2008



### 6. - Farbabstandsbewertung in der Qualitätssicherung

- Definition von prozessbezogenen Ober- und Untergrenzen
- Daraus ergeben sich die jeweils resultierenden Unterschiede in der Farbanmutung.
- Die Größe der resultierenden Änderung der Farbanmutung ist sekundär
- Erläuterung am Beispiel Volltonfärbung:



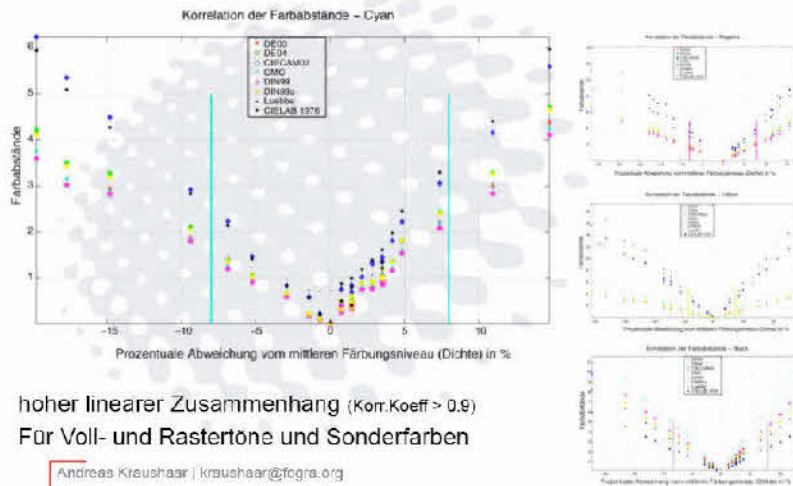
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

23

DfwG, München, 2008



## 6. - Hohe Korrelation der untersuchten Formeln



hoher linearer Zusammenhang (Korr.Koeff. > 0.9)  
Für Voll- und Rastertöne und Sonderfarben

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

DfwG, München, 2008



## 6. - PSO-Volltonfärbung - "modern"

<b>Toleranz</b>	<b>Cyan</b>	<b>Magenta</b>	<b>Gelb</b>	<b>Schwarz</b>
Vorgabe Aktuell (CIELAB 1976)	4	4	4	5
CIEDE2000	2,7	2,4	1,0	3,5
DIN99c	2,9	2,9	1,2	5,5
Vorgabe „Alt“ (CIELAB 1976)	2	2,5	4	3
CIEDE2000	1,2	1,4	0,9	2,1
DIN99c	1,4	1,6	1,0	3,3

Berechnung von Schwankungstoleranzen für die Farbabweichungsformeln CIEDE2000 und DIN99c, einmal bei Annahme der aktuellen Vorgaben und ein weiteres mal für die ursprünglichen Vorgaben („Alt“)

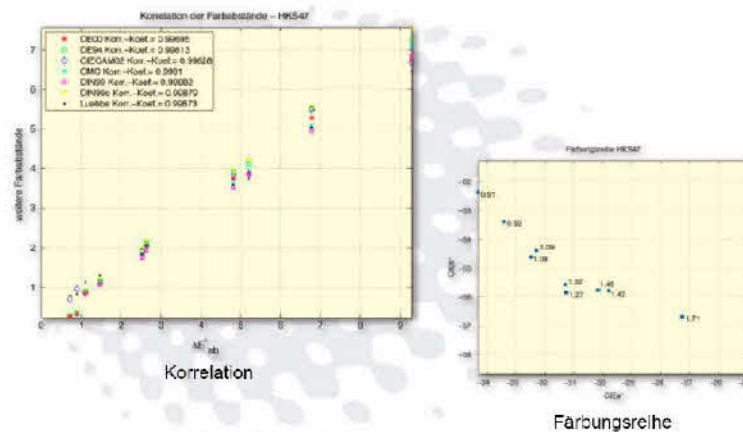
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

25

DfwG, München, 2008



## 6. Volltonfärbung am Bsp. Sonderfarben



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

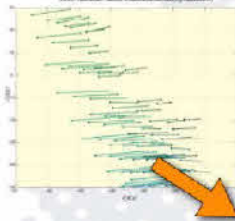
26



DfwG, München, 2008

## 7. Softproofbewertung

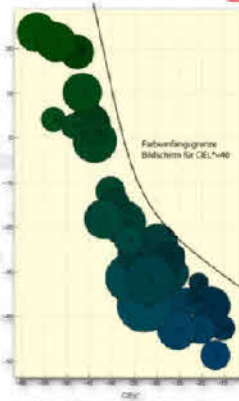
Auswahl an Out-Of-Gamut-Farben [OOG]



Experiment



Ref.: Grauleiter mit 8 Stufen  
[ $\Delta E = 1,3,5,7,9,11$ ]



Darstellung der „100-Testfarben“ mit einer CIE L\*a\*b\*-Helligkeit zwischen 35 und 45. Der Radius entspricht dem mit einem bewerteten Farbunterschied (als Text eingefügt zwischen „OOG-Farben“ und Ersatzfarbendruckung am Bildschirm, hier nicht eingezeichnet).

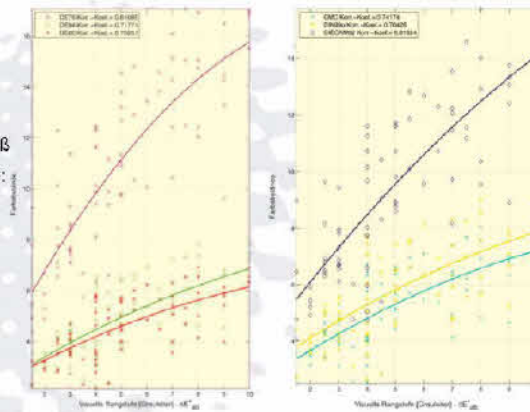
Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

27

DfwG, München, 2008

## 7. Softproofbewertung - Ergebnisse

- CIELAB bewertet zu groß
- Für kleine Farbabstände: CIEDE00
- Für größere Abstände: DIN99



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

28

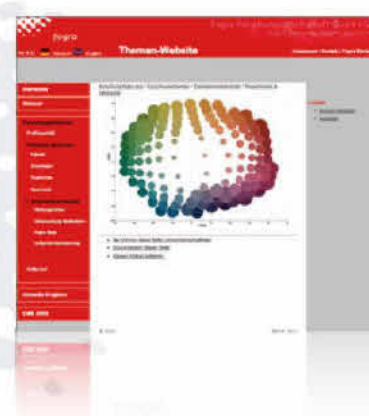
DfwG, München, 2008

## Weitere Informationen ....

1	Einführung und Motivation	4
2	Grundlagen und Praktipos für die Farbabstandsbewertung	6
2.1	Einflussfaktoren auf die Farbwahrnehmung	6
2.2	Grundlagen der Farbabstandsbewertung	15
2.3	Entwicklung und Eigenschaften wichtiger Farbabstandsformeln	17
2.3.1	Interpretation des Farbabstandes	17
2.3.2	Der Weg zu CIELAB, CIELUV und CIEDE2000	22
2.3.3	Farbabstandsmetriken durch Wichtung der Differenzkomponenten	23
2.3.4	Farbabstandsmetriken durch Transformieren in einen neuen Raum	20
2.3.5	Neuer Ansatz: Euklidische von Farbabstandsformeln	32
2.3.6	„No-Hinter“ für die Praxis	33
2.4	Grundlagen farbpsychologischer Experimente	36
2.4.1	Notwendigkeit farbpsychologischer Experimente	38
2.4.2	Verschiedene Klassen (Skalennetze) zur Skalenerstellung	37
2.4.3	Grenzen der farbpsychologischen Versuche	41
2.4.4	Die Auswahl der besten Methode?	41
3	Untersuchung der Stichweissfähigkeit von Farbabstandsmetriken	44
3.1	Entwicklung und Durchführung eines farbpsychologischen Tests „Fogra Review 2004“	44
3.2	Auswertung und Testergebnisse	54
3.3	Eigenschaften und Vergleich moderner Farbabstandsformeln	67
4	Farbabstandsbewertung in der Medienanwendungsbewertung und Qualitätsmessung	72
4.1	Qualitätsmanagement benötigt Toleranzen – Des die: Vollfarbgebung	73
4.2	Farbabstandsformeln für Vollfarb-, Resolv- und Sonderfarben	81
4.3	Die Farbabstandsbewertung in der Druck- und Druckindustrie	85
5	Farbabstandsbewertung bei Softproof-Anwendungen	97
6	Zusammenfassung und Empfehlungen	107
7	Literatur	107

Themen Webseite:

- Grundlagen
- Hilfsmittel [Excel-Programme,  $\Delta E$ -Finder etc]
- Ergebnisse, Experimente und Versuche
- FAQs



<http://forschung.fogra.org>

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org

29

## Zusammenfassung und Ausblick

- Unterscheidung zwischen technischen und empfindungsgemäßen Toleranzen wichtig
  - *technische Toleranz*: quantitative Bewertung von Produktionsprozessen [Zusammenhang überwiegend linear]
  - Empfehlung: Schwerpunkt auf einfache Kommunikation
  - \* *empfindungsgemäße Toleranz*: farbmetrischen Bewertung eines empfundenen Farbabstandes
  - \* Empfehlung: Verwendung von CIEDE2000 (1,1,1) [knapp vor DIN99]
- CIELAB weiter als Definition von Farborten [Austauschfarbraum]
- Implementierung der CIEDE2000 Euklidiesierung [2007, Urban]
- Abmusterung von (komplexen) Bildern (vor komplexen Hintergründen) bleibt weiterhin Gegenstand aktueller Forschung.

## Vielen Dank ....

„Daß dabei trotz der erstrebten und in den einzelnen Farbreihen auch gut realisierten Gleichabständigkeit nicht alle Blüenträume der Brauchbarkeit für Toleranzbewertung gereift sind, muß zugegeben und hingenommen werden“

# Interpersonelle Differenzen in der Farbwahrnehmung - Anhand der Datenanalyse der Stiles & Burch Ergebnisse von 1959

Anja Frohnapfel, TU Darmstadt

## Motivation



- Farbwahrnehmung wichtig für:  
Abmusterungen  
Farbwiedergabe  
wissenschaftlichen Studien
- Individuelle Schwellwerte
- Möglicher Extremfall:  
für ein Messgerät (CIE 10° Normalbeobachter 1964 ) gleiche Farbe  
erscheint für den Betrachter unterschiedlich



Quelle: Lichtwerk

10. Oktober 2008 | TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnapfel | 2



## Inhalt



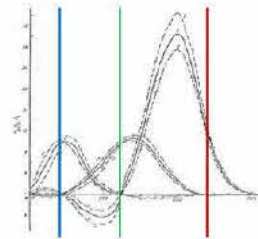
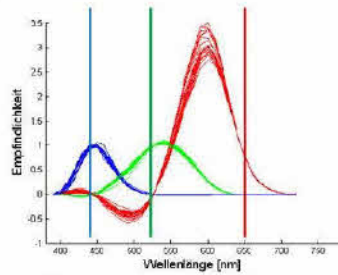
- Grundlagen des CIE 10° Normalbeobachters
- Berechnung der individuellen Farbwahrnehmung
- Vergleich der Farbwahrnehmung anhand von Hauttönen
- Einfluss der unterschiedlichen Farbwahrnehmung auf den Farbwiedergabeindex

10. Oktober 2008 | TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnapfel | 3





## Grundlagen der CIE 10° Normspektralwertfunktionen 1964

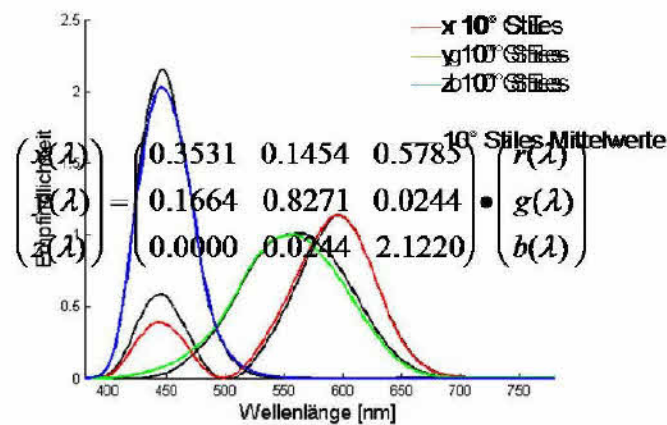


- Stiles und Burch 1959
- 50 Probanden
- alle 10nm; 390nm – 720nm
- Speranskaya 1959
- 27 Probanden
- alle 10nm; 400nm – 710nm
- Color Matching Functions:  
Primärvalenzen 444 nm, 526nm und 666nm (b,g,r)

10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 4



## Spektralwertfunktionen der 20 Probanden



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 5



## Testfarben



24 Testfarben des Mac Beth Color Checker Charts

15 stark gesättigte Testfarben der Color Quality Scale (CQS) nach Ohno



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 6



## In der Berechnung verwendete Lichtquellen



Nr.	Lichtquelle	Farbtemperatur [K]	Farbwiedergabeindex
1 / 2	D65 / D50	6500 / 5000	100 / 100
3	Plankscher Strahler	3200	100
4	Normlicht A	2856	99
5	Leuchtstofflampe L2	4300	64
6	Leuchtstofflampe L7	6500	91
7	Leuchtstofflampe	3000	83
8	Luxeon Rebel cw	9800	79
9	Citizen L102 HC3N	5100	93
10	Perkin Elmer Aculed	6600	76
11	Luxeon K2 ww	3099	73
12 / 13	Luxeon Rebel ww	2900 / 3300	84 / 92
14 - 17	Luxeon Rebel RGB Cluster	6500/ 4300/ 3200/ 2865	75 / 76 / 75 / 76

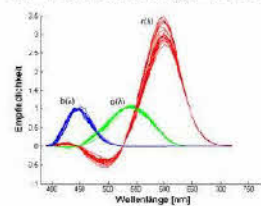
10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 7



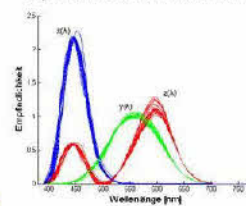
## durchgeführte Berechnungen



20 Color Matching Functions



Spektralwertfunktionen



Spektralwerte

$$X = k \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

Farbraum  
L\*, a\*, b\*

10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 8



## 1976 CIELAB / L\*a\*b\* Farbraum



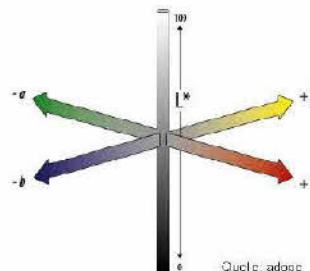
L\* psychometrische Helligkeitsfunktion

$$L^* = 116 \cdot \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - 16$$

Gegenfarbachsen  
a\* (rot-grün) und b\*(gelb-blau)

$$a^* = 500 \cdot \left( \sqrt[3]{\frac{X}{X_n}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} \right)$$

$$b^* = 200 \cdot \left( \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_n}} \right)$$



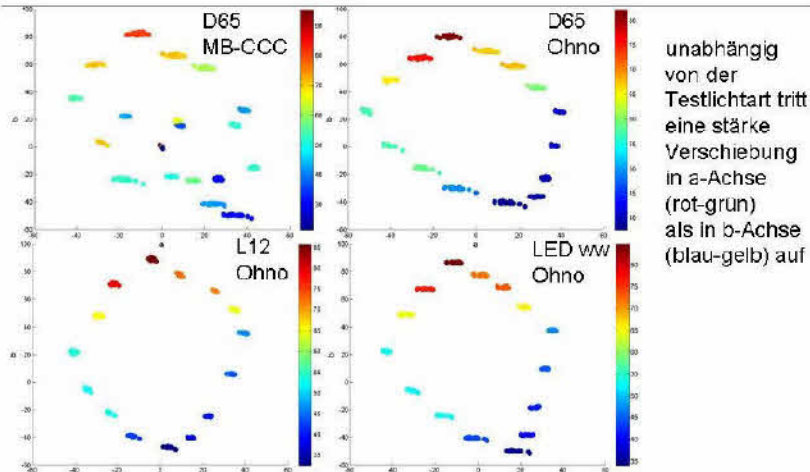
Quelle: adopc

Farbabstandsformel:  $\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$

10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 9



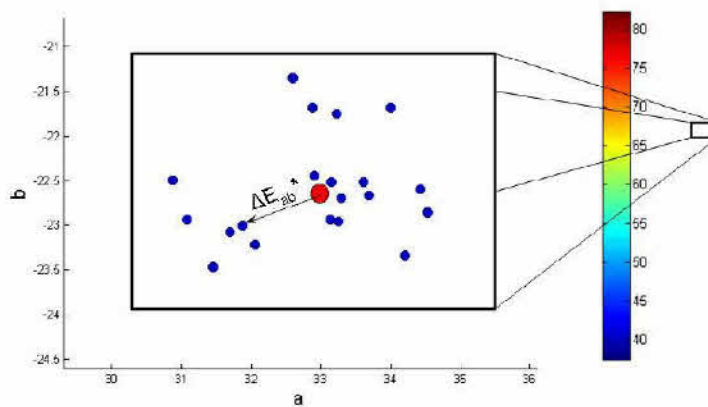
## Verschiebung der Testfarben unter den Testlichtarten



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 10



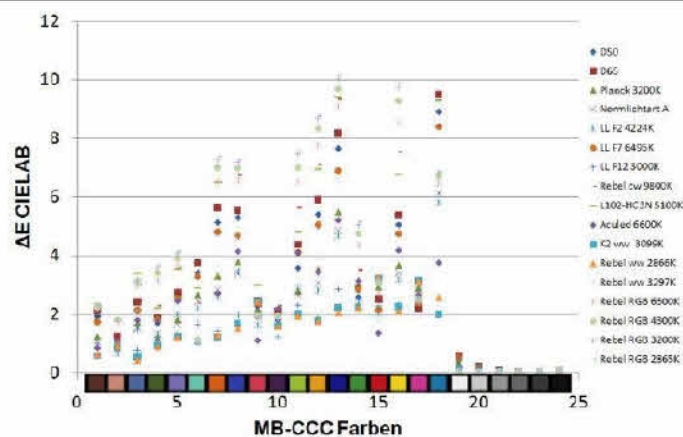
## Unterschiedliche Wahrnehmung einer Farbe



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 11



## Mittlere Farbabstände der MB-CCC Testfarben

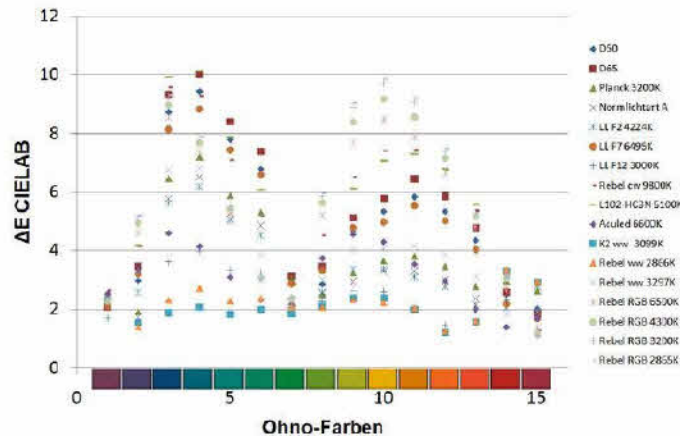


10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 12





## Mittlere Farbabstände der MB-CCC Testfarben



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 13



## Ergebnisse der Berechnungen



- Die Berechnungen basieren auf einem Farbabgleich der Zapfenstromsignale, der sich jedoch von der Farbwahrnehmung unterscheidet.  
Farbwahrnehmung ist ein komplexerer Prozess der auch die Weiterverarbeitung der Zapfenstromsignale in den Ganglionzellen der Netzhaut und im Gehirn mit einschließt.  
=> eingeschränkte Aussagekraft der Berechnungen  
=> Verwendung eines Wahrnehmungsmodells z.B. CIECAM02
- Eine Abhängigkeit von der Buntheit (Sättigung) kann nicht gezeigt werden, jedoch eine Abhängigkeit vom Buntton (Farbton) ist vorhanden: stärkste Streuung für **Blau** und **Gelb/Orange**  
geringste Streuung für **Grün** und **Hautton**.

10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 14



## Vergleich der Ergebnisse mit dem Standard

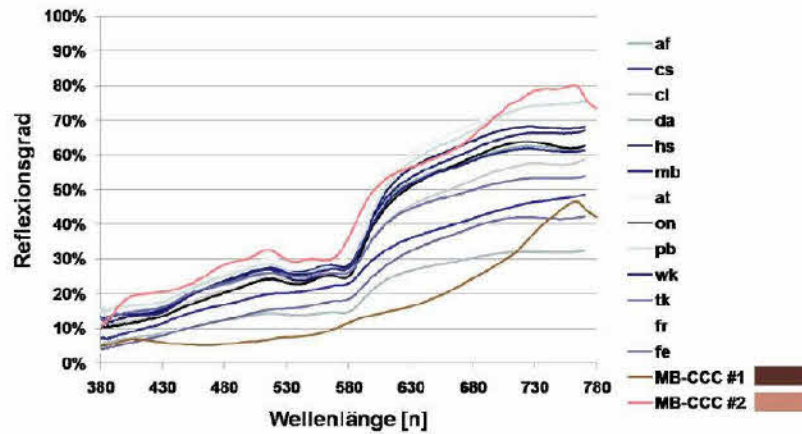


- Berechnungsergebnisse beziehen sich immer nur auf den durchschnittlichen Probanden, nicht auf CIE 10° Normalbeobachter
- Vergleich der Berechnungsergebnisse der interpersonellen Differenzen mit dem CIE 10° Normalbeobachter und dem CIE 2° Normalbeobachter  
anhand von Hautfarben MB-CCC # 1,2
- zusätzliche Vermessung der Reflexionsspektren der Haut von 14 Probanden

10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 15



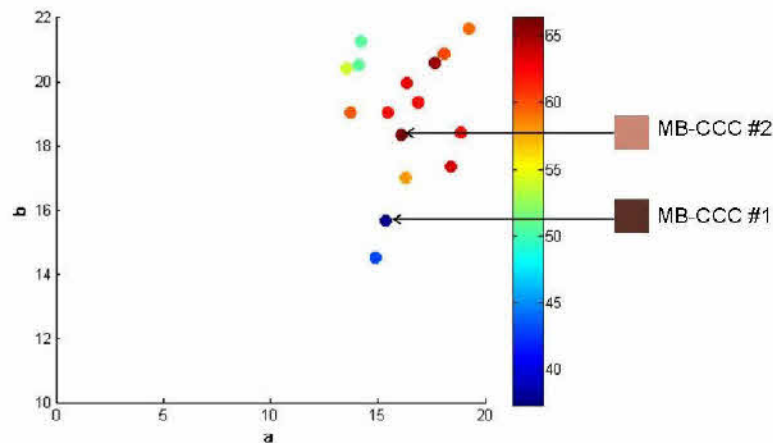
## Reflexionsspektren der menschlichen Haut



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 16



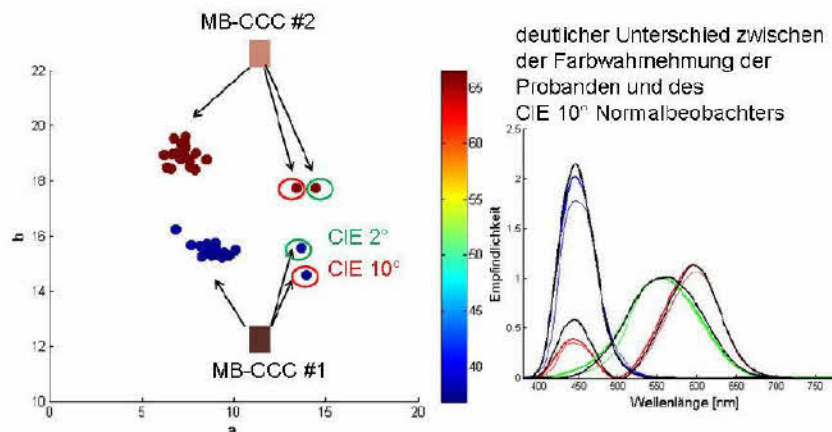
## Lage der Hauttypen für den CIE 10° Normalbeobachter unter D65



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 17



## Vergleich CIE Normalbeobachter und Probanden anhand des Hauttons unter D65



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnepfel | 18



## Ergebnisse

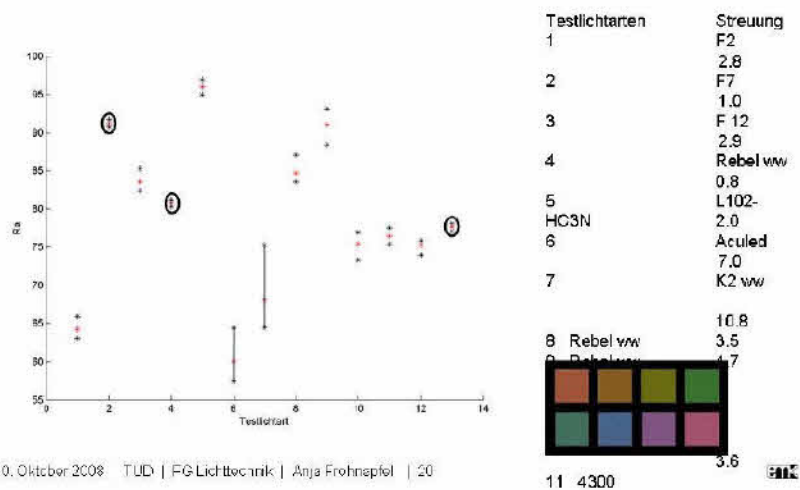


- Interpersonelle Streuung der Farbwahrnehmung sicherlich vorhanden, Aussage über die wirkliche Größe mit den bisherigen Berechnungen schwierig
- CIE 10° Normalbeobachter nur ein Mittelwert, persönliche Farbwahrnehmung ist sicherlich anders
- Berechnete Streuung muss mit Probandenwerten verglichen werden
- Weitere Untersuchungen am Fachgebiet Lichttechnik der TU Darmstadt geplant

10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 19



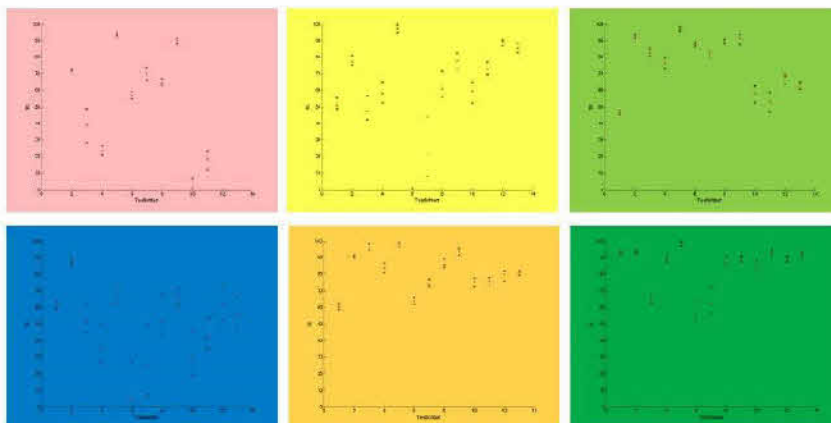
## Streuung des Farbwiedergabeindex CRI (R<sub>a</sub>)



10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 20



## CRI R<sub>i</sub> 9-14

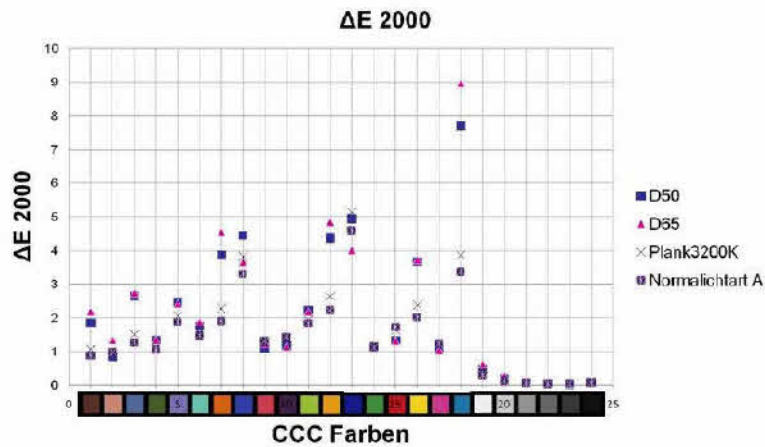


10. Oktober 2008 TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnspfel | 21





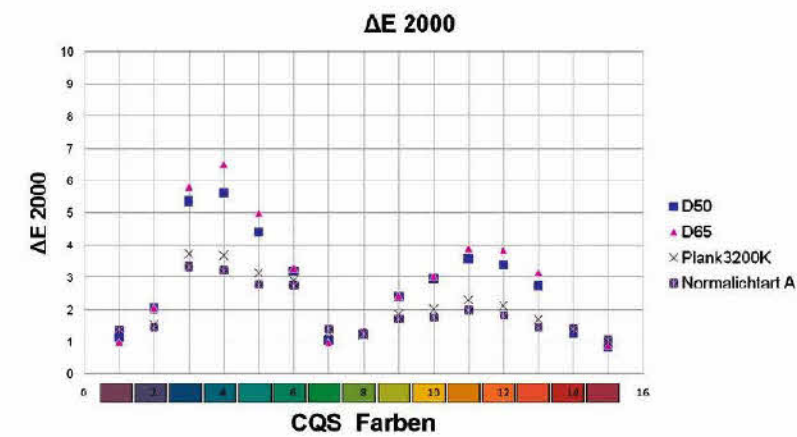
$\Delta E_{max}$  für 24 Testfarben der CCC



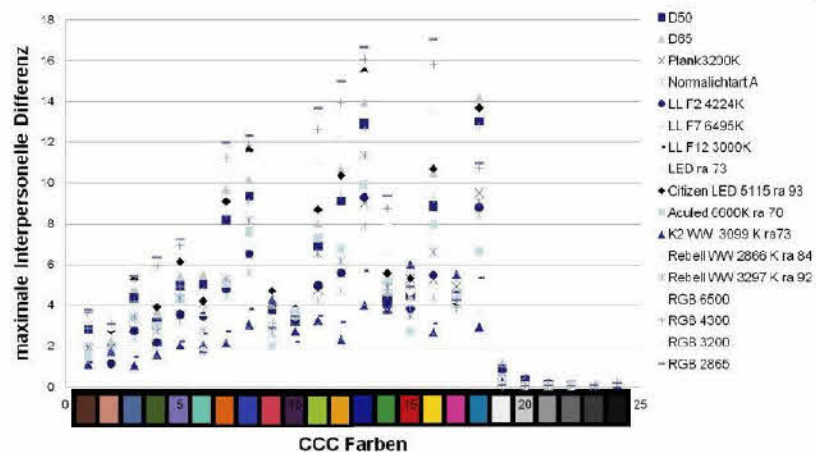
7. Juli 2008 | Institut EMK | FG Lichttechnik | Anja Frohnappfel | 23



$\Delta E_{max}$  für 15 Testfarben der CQS

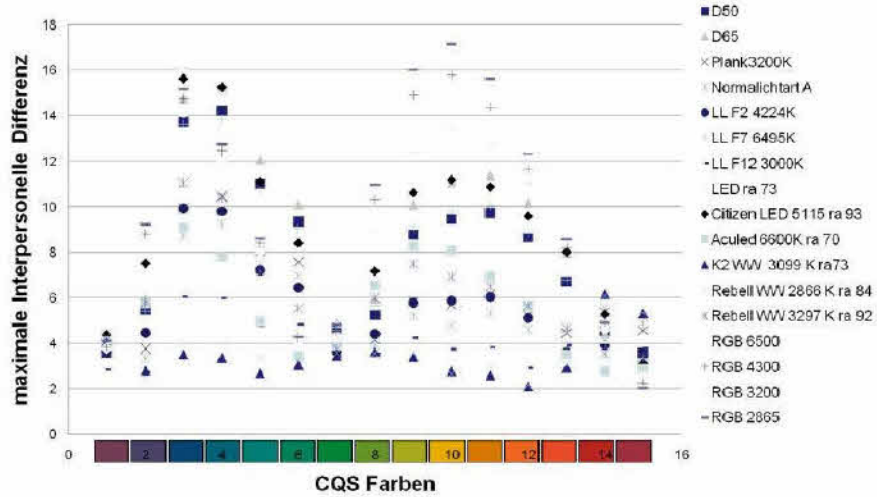


7. Juli 2008 | Institut EMK | FG Lichttechnik | Anja Frohnappfel | 21



10. Oktober 2008 | TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnappfel | 25

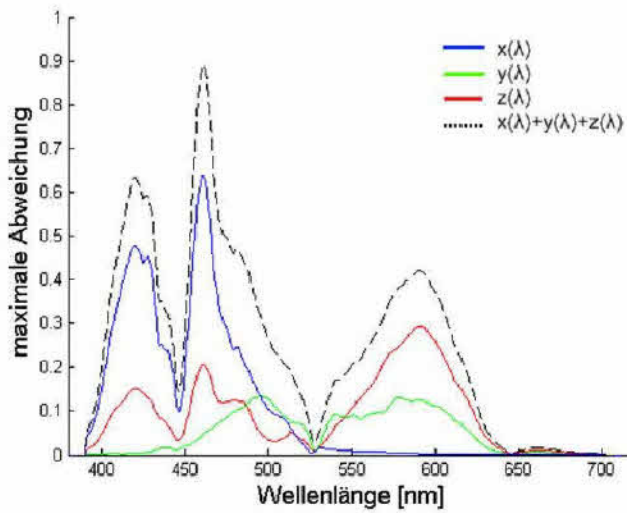




10. Oktober 2008 | TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnäpfel | 26



## Wellenlängenabhängige Streuung der Spektralwertfunktionen



10. Oktober 2008 | TUD | FG Lichttechnik | Anja Frohnäpfel | 27



# Optimalfarben für den Dreifarbdruk

Dipl.-Ing. Kathrin Happel; TU Darmstadt

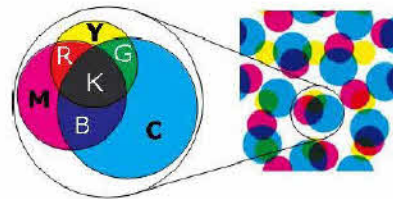
## Einleitung



- Drucken ist ein Reproduktionsprozess.
- Druckverfahren gibt es viele (z.B. Offset, InkJet, Tief, Flexo, Sieb, ...)
- Eigenschaften und Anwendungsgebiete unterschiedlich.
- Bei allen Verfahren wird standardmäßig mit 3 Farben (CMY) + Schwarz (K) gedruckt.
- Bei den meisten Verfahren wird mit konstanter Schichtdicke und mit variablem Druckpunktdurchmesser gedruckt (AM-Raster)



Warum eigentlich CMY?



Optimalfarben für den Dreifarbdruk

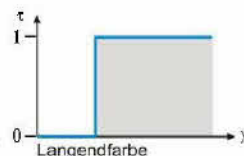
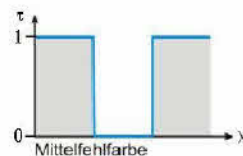
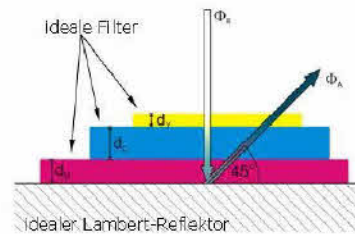
10.10.2008 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happel | 2



## Anforderungen an Druckfarben



- Autotypische Farbmischung → gleicher Farbeindruck für Über- und Nebeneinanderdruck
- Alle Farben übereinander = Schwarz
- „**Optimalfarben**“, die je 2 von 3 Bereichen des Spektrums remittieren



Optimalfarben für den Dreifarbdruk

10.10.2008 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happel | 3



## Thesen



- „Für ‚Optimalfarben‘ ist der Begriff ‚Idealfarben‘ passender.“
- „Es gibt Optimalfarben bzw. Idealfarben, die einen größeren druckbaren Farbumfang ermöglichen, als es bei 2/3-Farben der Fall ist.“
- „Es gibt keine genaue Definition für 2/3-Farben.“
- „Es gibt neben dem Farbumfang weitere Parameter, die bei der Bewertung der Eignung idealer Druckfarben berücksichtigt werden müssen.“

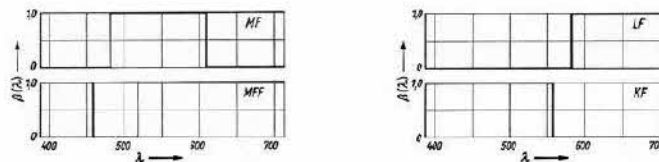
Optimalfarben für den Urfarbdruk | 10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 4 | idd printing science technology

## Optimalfarben / Idealfarben



Eine Optimalfarbe ist eine „idealisierte Körperfarbe, deren spektraler Reflexionsfaktor  $R(\lambda)$  (bzw. Transmissionsfaktor  $T(\lambda)$ ) entweder 0 oder 1 beträgt und höchstens zwei Sprungstellen von 0 auf 1 oder umgekehrt aufweist.“

Quelle: E DIN 5033-1 (2008-02) Farbmessung – Teil 1: Grundbegriffe der Farimetrik. (Entwurf)



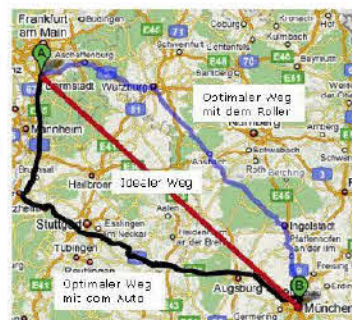
Quelle: Richter, M.: Einführung in die Farimetrik, 2. Aufl., Berlin: de Gruyter, 1981

Optimalfarben für den Urfarbdruk | 10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 5 | idd printing science technology

## Optimal / Ideal



- Quelle: Wikipedia
- „Unter einem **Optimum** (lat. optimum: „das beste“) versteht man das beste erreichbare Resultat im Sinne eines Kompromisses zwischen verschiedenen Parametern oder Eigenschaften unter dem Aspekt einer Anwendung, einer Nutzung oder eines Zieles.
- Im Gegensatz dazu steht das **Ideal**, womit das beste Denkbare bezeichnet wird.“



Ein Rechteckspektrum ist ein **idealisiertes Modell** eines realen Spektrums. Die Sprungwellenlängen lassen sich für bestimmte Anwendungen **optimieren**.

Optimalfarben für den Urfarbdruk | 10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 5 | idd printing science technology



## Thesen



- „Für ‚Optimalfarben‘ ist der Begriff ‚Idealfarben‘ passender.“
- „Es gibt Optimalfarben bzw. Idealfarben, die einen größeren druckbaren Farbumfang ermöglichen, als es bei 2/3-Farben der Fall ist.“
- „Es gibt keine genaue Definition für 2/3-Farben.“
- „Es gibt neben dem Farbumfang weitere Parameter, die bei der Bewertung der Eignung idealer Druckfarben berücksichtigt werden müssen.“

Optimalfarben für den Dreifarbdruk  
10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe 7



## Bewertungsmethode



- Modell für die Farbortberechnung von Idealfarben (Primärfarben)\*
  - Berechnung kontinuierlich für alle Wellenlängen möglich
  - Mathematisch korrekter Sprung von 0 auf 1 und umgekehrt
- Modell für die Halbtonberechnung aus den Primärfarben, abhängig von der Anzahl der Halbtonstufen\*
  - In den folgenden Berechnungen 50 Halbtonstufen, also 2%-Schritte
- Modell für die Berechnung des Farbkörpers im L\*a\*b\*-Raum und grafische Darstellung\*
- Berechnung des Gamut-Volumens\*
  - Summe der Volumina  $V = \frac{1}{6} \cdot |(F_1-L_{50} \times F_2-L_{50}) \cdot F_3-L_{50}|$  der einzelnen Tetraeder i, die durch je 3 Punkte auf der Außenfläche ( $F_{1,i}, F_{2,i}, F_{3,i}$ ) und dem Punkt  $L_{50}$  ( $a^*=b^*=0, L^*=50$ ) gebildet werden.
  - $V_i = \sum V_i; [V_i] = \text{kVE (kilo Volumen-Einheiten)}$ ;  
1 VE = Würfel mit den Kantenlängen  $\Delta L^* = \Delta a^* = \Delta b^* = 1$

\*Alle Berechnungen in Matlab

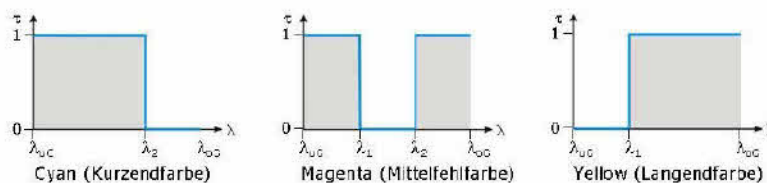
Optimalfarben für den Dreifarbdruk  
10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe 8



## 2/3-Farben



- Idealfarben für den Dreifarbdruk: 2/3-Farben



- Die Sprungstellen berechnen sich wie folgt:

$$\lambda_1 = (\lambda_{UG} - \lambda_{UG}) / 3 + \lambda_{UG} \qquad \lambda_2 = 2 \cdot (\lambda_{UG} - \lambda_{UG}) / 3 + \lambda_{UG}$$

Optimalfarben für den Dreifarbdruk  
10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe 9



## Sprungstellen von 2/3-Farben



▪ Was sind 2/3 des sichtbaren Spektrums? Wo liegen die Grenzen?

▪ Definitionsgrenzen in der Normung (CIE):

- Lichtart D50: 300-780 nm
- Lichtart D65: 300-830 nm
- xyz-Normspektralwertkurven: 360-830 nm

▪ Messbereichsgrenzen von Messgeräten (verfügbar am IDD):

- Techkon Spektrodens: 400-700 nm  $\Rightarrow$  500, 600 nm
- Konika Minolta: 360-740 nm
- John Reilhofer: 330-730 nm
- SpectroScan, i1: 380-730 nm

▪ Rechenbereich Simulationssoftware: 360-780 nm  $\Rightarrow$  500, 640 nm

Upt mal Farben für den Ursfarbdruck

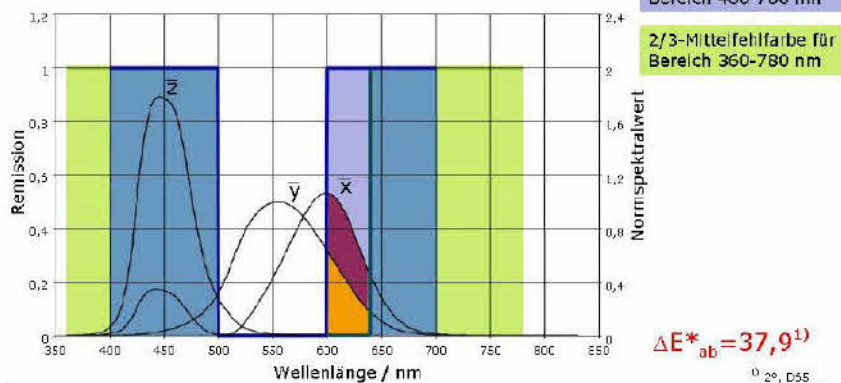
10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 10



## Sprungstellen von 2/3-Farben



▪ Beispiel Mittelfehlfarbe:

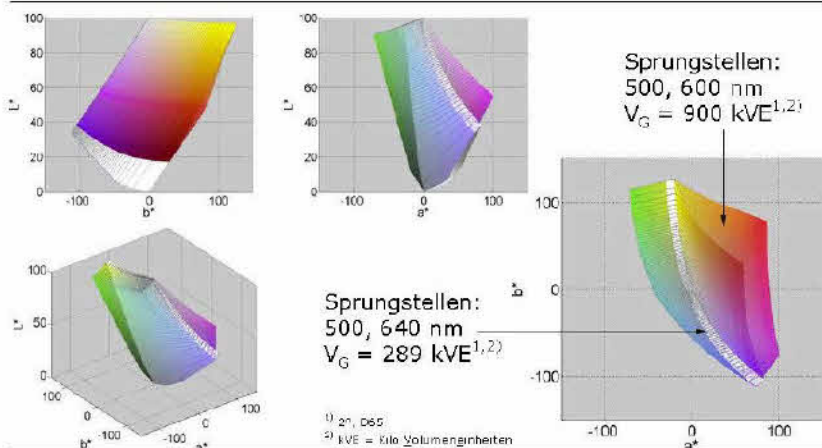


Upt mal Farben für den Ursfarbdruck

10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 11



## Sprungstellen von 2/3-Farben



Upt mal Farben für den Ursfarbdruck

10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 12

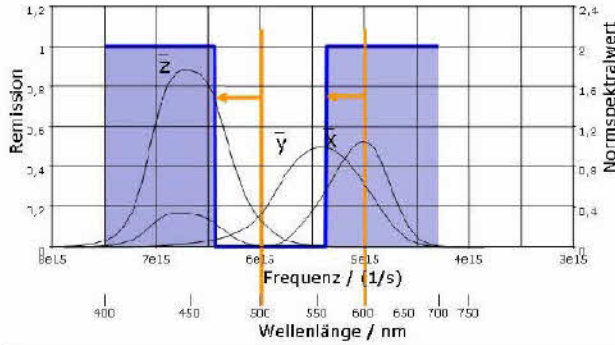


## 2/3-Farben als Frequenzangabe



- Antiproportionales Verhältnis von Wellenlänge und Frequenz
- Dadurch „Verzerrung“ des Spektrums

$$v = \frac{c}{\lambda}$$



Cpt mal Farben für den Dreifarbedruck  
10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 13



## 2/3-Farben als Frequenzangabe



- Wellenspektren lassen sich auch als Frequenzen auftragen.
- In manchen Disziplinen Standard, z.B. Elektrotechnik.

- Messbereich Messgerät Techkon Spektrodens: (400-700 nm)  
428-749 THz

⇒ Sprungstellen bei ~~500 und 600 nm~~  
535 und 642 THz → 467 und 560 nm

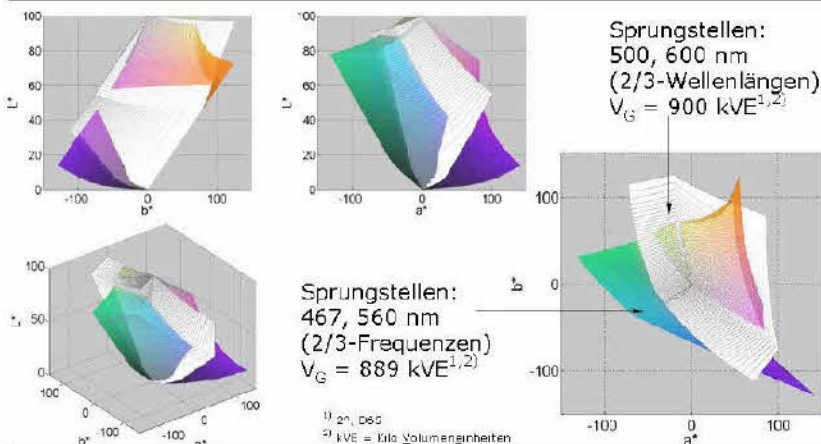
- Rechenbereich Simulationssoftware: (360-780 nm)  
384-833 THz

⇒ Sprungstellen bei ~~500 und 640 nm~~  
534 und 683 THz → 439 und 562 nm

Cpt mal Farben für den Dreifarbedruck  
10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 14



## 2/3-Farben als Frequenzangabe



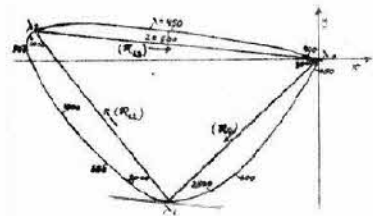
Cpt mal Farben für den Dreifarbedruck  
10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 15



## Neugebauer-„Optimalfarben“



- Dissertation von 1935
- Ermittelte „optimale Pigmente“ für den Dreifarbdruk.
- Methode: **grafische** Auswertung der Momentsummenkurve für Ives'sche RGB-Grundempfindungskurven bei 5000° SK<sup>1,2)</sup>-Strahlung
  - <sup>1)</sup> SK = schwarzer Körper
- Optimale Sprungstellen: 489 und 574 nm



Momentsummenkurve für die grafische Ermittlung der „optimalen Pigmente“

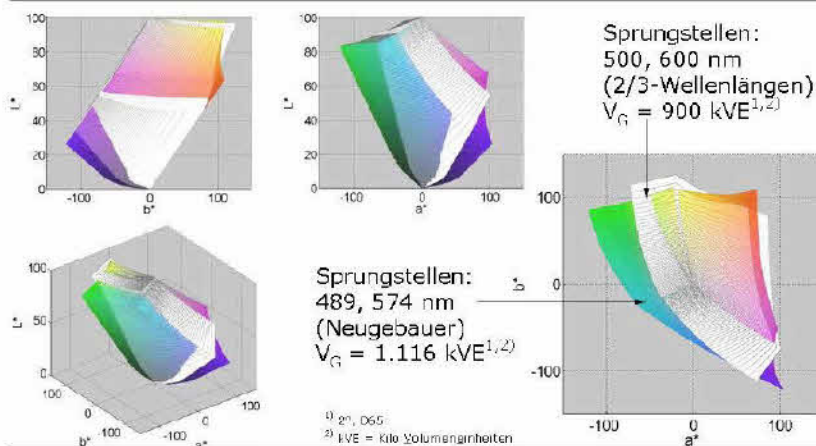
Quelle: Neugebauer, H. E. J.: *The Theory des Mehrfarbendruckes*. Dissertation, Technische Hochschule Dresden, 1935.

Optimalfarben für den Vierfarbdruk

10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 16



## Neugebauer-„Optimalfarben“



Optimalfarben für den Vierfarbdruk

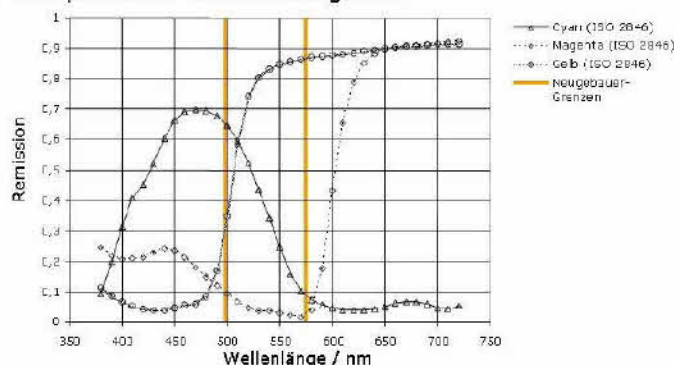
10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 17



## Reale Druckfarben



- keine Rechteckspektren möglich
- Spektren exemplarisch in ISO 2846 aufgeführt



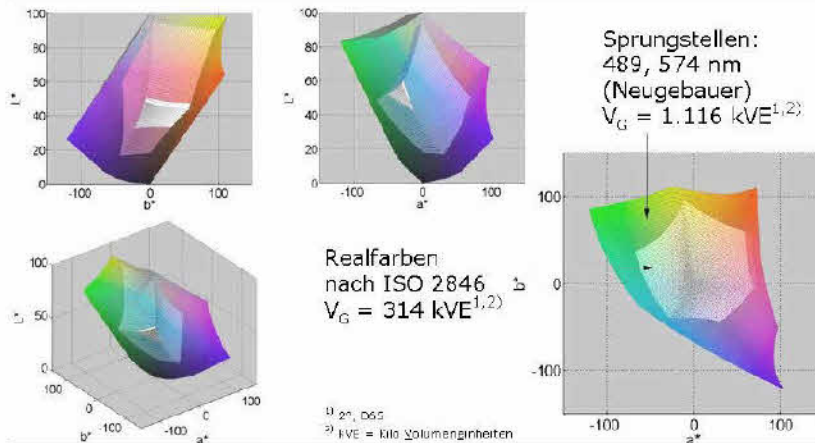
Optimalfarben für den Vierfarbdruk

10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 18





## Reale Druckfarben



Optimalfarben für den Dreifarbdruk

10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 19



## Zusammenfassung



- Optimalfarben
  - Begriff führt zu Verwirrung, passendere Bezeichnung: „Idealfarben“
- 2/3-Idealfarben
  - Wissenschaftlich nicht begründbar, Sprungstellen nicht definiert
  - 2/3-Wellenlängen oder 2/3-Frequenzen
  - Je nach Definition stark schwankendes Farbkörpervolumen
- Neugebauer-Optimalfarben
  - Wissenschaftlich begründet, grafische Optimierung
  - Klar definiert, von Wellenlängenintervall unabhängig
  - Größerer Farbumfang als alle anderen vorgestellten Modelle
  - Umschließt den Körper der realen Druckfarben nahezu vollständig

Optimalfarben für den Dreifarbdruk

10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 20



## Ausblick



- Zu klärende Aspekte:
  - Gibt es noch geeignetere Idealfarben als jene von Neugebauer?
  - Reale Einflüsse: Papierfarbe, Streuwirkung der Farbpigmente, ...
  - Einfluss der Lichtart; Andere Farbräume als CIELAB geeigneter?
  - Welcher Parameter ist am besten geeignet für eine Aussage über die Eignung der Primärfarben für den Dreifarbdruk?
- Weiterführende Arbeiten:
  - Ausführliche Literaturrecherche
  - Erstellung eines Optimierungsmodells
  - Modellierung realer Einflüsse
  - Definition eines Parameters für die Eignung der Primärfarben
  - Optimierung → neue optimale Idealfarben

Optimalfarben für den Dreifarbdruk

10.10.2003 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Kathrin Happe | 21



# Veranstaltungshinweis

**TORSO-VERLAG**  
PUBLISHING HOUSE

Fachhandel ↔ Farbreferenzen ↔ Normlicht ↔ Farbmesstechnik



**Donnerstag 27. August 2009 / 10 bis 18 Uhr**

## Eröffnung der Herbst-Ausstellung

### „Grauzonen - Delta E und Co.“

**Die Ausstellung ist den vielfältigen und für Nichtfachleuten oft verwirrenden Aspekten der Farbmessung gewidmet.**

#### Basisthemen der Ausstellung:

- Farbmesswissen zum Anfassen - ein Crashkurs in Bildern
- Aus der Sicht der Messgeräte - wie Farbmessgeräte sehen
- Messgeometrien und Einsatzmöglichkeiten in der Praxis

Zur Eröffnung gibt es die beliebte kleine Weinprobe mit Tauberfränkischen Weinspezialitäten aus der Region und leckere Knusperien zum Wein

Im Rahmen der Ausstellung finden Infotage zu unterschiedlichen Themen der Farbmessung statt.

Die Termine finden Sie ab August unter:

[www.Farbkarten-Shop.de/termine](http://www.Farbkarten-Shop.de/termine)

Die Ausstellung ist bis Ende 2009

werktags nach Anmeldung von 10-16 Uhr geöffnet.

Besuche bitte anmelden.

Unser Firmengebäude liegt direkt an der A3 zwischen Aschaffenburg und Würzburg, Ausfahrt 66 Wertheim-Langfurt. Gleich gegenüber befindet sich das beliebte Shopping Paradies „Wertheim Village“ FOC. Die Umgebung bietet viele interessante Ausflugsziele, wie zum Beispiel die historische Altstadt von Wertheim mit Burg, das romantische Taubertal und natürlich die kleinen Weingüter mit hervorragenden „Tropfen“ der tauberfränkischen Region.



Als Fachhandel für Farbreferenzen, Normlicht und Farbmessgeräte machen wir unseren Kunden internationale und branchenübergreifende Produkte rund um die Farbe zugänglich.

Durch die Zusammenarbeit mit unabhängigen Fachkräften der Farbmessung bieten wir Ihnen herstellernunabhängige, kompetente und praxisnahe Beratung und Schulung.

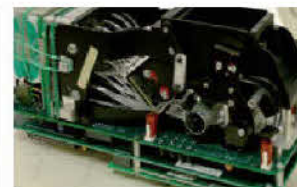
Unser Ziel ist, das komplette Sortiment der weltweit existierenden Farbordnungssysteme und Farbsammlungen mit der visuellen Farbprüfung und der Farbmessung zu verbinden, um der Industrie die optimale Farbsicherheit in der Produktion zu bieten. Die Produkt-Palette wird daher ständig erweitert, über neue Produkte und Angebote informiert unser monatlich erscheinender COLOR LETTER.

Diesen können Sie bei Interesse per E-Mail beziehen - bitte einfach anmelden. Unsere Produkte finden Sie mit ausführlicher Beschreibung unter: [www.Farbkarten-Shop.de](http://www.Farbkarten-Shop.de)

In unserem Ausstellungsraum haben Sie die Möglichkeit, sich über Farbreferenzen, Normlicht und Messtechnik zu informieren und beraten zu lassen. Sie können mit eigenen Materialmustern Messtests durchführen und Lichtkabinen verschiedener Hersteller testen.

Unser Ausstellungsraum ist Mo. bis Fr. von 10.00 bis 16.00 oder nach Vereinbarung geöffnet.

Besuche bitte anmelden.

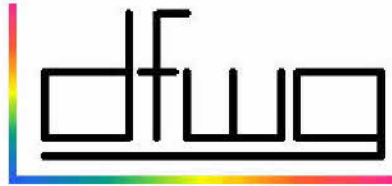


**UNITY  
COLOR**

MEETINGPOINT FOR COLOR & LIGHT

TORSO-VERLAG · Obere Gruben 8 · D-97877 Wertheim  
Tel. +49 (0) 93 42/93 39-70 · Fax +49 (0) 93 42/93 39-80

[shop@farbkarten-shop.de](mailto:shop@farbkarten-shop.de) · [www.farbkarten-shop.de](http://www.farbkarten-shop.de)  
[info@torso-verlag.de](mailto:info@torso-verlag.de) · [www.torso-verlag.de](http://www.torso-verlag.de)



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

## **Vorschau DfwG Report 02 2009**

*Im nächsten DfwG Report erwarten Sie voraussichtlich folgende Beiträge:*

*Kassenbericht 2008*

*Einladung Mitgliederversammlung 2009*

*Brauers: Multispektralaufnahmen mit Blitzlichtquellen*

*Helling: Kamerasystem und Algorithmen für die multispektrale Farbbildaufnahme*

*Kittelmann: Visuelle Beurteilung von kleinen und großen Farbunterschieden und Beschreibung mit Farbabstandsformeln*

*Wiederholung Gall/Unterforsthuber: Charakterisierung von Farbpigmenten*