



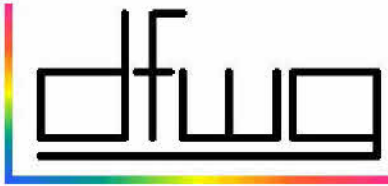
ISSN 1860-2835

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG
Verantwortlich: Prof.Dr. Bernhard Hill

38. DfwG-Jahrestagung in Aachen am 09.-11. Oktober 2012





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

Inhaltsverzeichnis Report 03 2012

<i>Impressum</i>	2
<i>Vorwort an die Farbgemeinde</i>	3
<i>DfwG-Ehrungen 2012</i>	4
<i>Visuelle Wahrnehmung gedruckter Spezialeffektfarben</i>	5
<i>Farbmanagement für optisch aufgehellte Proben</i>	23
<i>Vergleich von Farbabstandsformeln bei mittelgroßen Farbabständen</i>	38
<i>Visuelle und instrumentelle Geometrien der Farbabmusterung</i>	46

<u>Präsident:</u>	Dr. Gerhard Rösler
<u>Vizepräsident:</u>	Prof. Dr. Bernhard Hill Tel: 0241 802 7703, E-Mail: hill@ite.rwth-aachen.de
<u>Schatzmeister:</u>	Dr. Carsten Steckert Tel, Fax: 030 6032554, E-Mail: carsten.steckert@gmx.de
<u>Sekretär:</u>	Dipl.-Ing. Frank Rochow Tel: 030 401 02 618, Fax: 030 401 42 49 E-Mail: offices@rochow-berlin.de
<u>Geschäftsstelle:</u>	Gralsburgsteig 35, 13465 Berlin
<u>Bankverbindung:</u>	Kto.-Nr.: 206 002 3583, Berliner Sparkasse, BLZ 100 500 00
<u>Arbeitsgruppenleiter:</u>	
<u>Farbbildverarbeitung:</u>	Prof. Dr. Bernhard Hill; siehe oben
<u>Farbmetrik und Grundlagen:</u>	PD_Dr. habil. Peter Bodrogi Tel. 061511675095 E-Mail: bodrogi@lichttechnik.tu-darmstadt.de
<u>Fluoreszenz:</u>	Dr. Claudio Puebla Tel. 0 76 21 17 47 29, E-Mail: claudio.puebla@axiphos.com

Internet: www.dfwg.de

Impressum
ISSN 1860-2835

Titel: Fotos WRC

*Verleger und Herausgeber: Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e. V.
Redaktion: Werner Rudolf Cramer, Andreas Kraushaar
Einzelheft: 10 Euro + Versandkosten
Der Bezugspreis der Zeitschrift ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.*

Liebe Farbgemeinde,

seit vielen Jahren sind wir daran gewöhnt, an dieser Stelle einleitende Worte unseres Vorsitzenden, Herrn Dr. Rösler, vorzufinden. Leider ist die Arbeit unserer Gesellschaft nun überschattet durch eine schwere Krankheit von Herrn Dr. Rösler und es war ihm schon nicht mehr möglich, an der Jahrestagung im Oktober teilzunehmen. Er hat die weiteren Vorstandsmitglieder gebeten, seine Aufgaben wahrzunehmen. Wir sind sehr traurig und bedrückt über diese Entwicklung und ich wünsche ihm und seiner Familie alle mögliche Kraft zur Überwindung der Krankheit.

Auch schon zu Beginn dieses Jahres hatten wir einen traurigen Rückschlag in unserer Planung hinnehmen müssen, denn Herr Prof. Ach war unerwartet verstorben. Er hatte als Inhaber des Lehrstuhles für Bildverarbeitung an der RWTH Aachen die Betreuung der Jahrestagung unserer Gesellschaft in Aachen übernehmen wollen. Ich bin sehr froh und danke den Mitarbeitern dieses Lehrstuhles, dass sie trotzdem so aktiv geholfen haben, die 38. Jahrestagung 2012 der DfwG erfolgreich in Aachen durchzuführen.

Beklagen müssen wir auch das Ableben eines weiteren Mitgliedes. Herr Reg.-Dir. Manfred Tillack ist im November verstorben. Er war zusammen mit Prof. Manfred Richter und Prof. Heinz Terstiege eines unserer ältesten Mitglieder seit Gründung der Gesellschaft und hat Vieles angeregt und mitgestaltet.

Erfreulicherweise haben sich zur Jahresversammlung in Aachen viele Aktive aus unseren Reihen gefunden, welche die Sitzungen des FNF24 und der Arbeitsgemeinschaften der industriellen Farbtoleranzen und der Multigeometrie-Farbmessung erfolgreich geleitet haben und für Herrn Rösler eingesprungen sind. Die Themen der Farbtoleranzen (DIN 6175) und der visuellen Wahrnehmung von Effektfarben haben dabei besonders im Vordergrund gestanden. Vor Beginn des offiziellen Teiles der Jahrestagung wurden dann weitere interessante Vorträge in den Arbeitsgemeinschaften zu den Grundlagen der Farbmeterik und der Farbbildverarbeitung gegeben. Bei den Grundlagen stand ein Überblick über aktuelle Diskussionen in neueren Veröffentlichungen und Tagungen im Vordergrund, während sich die Farbbildverarbeitung mit Softproof-Techniken und einer Anpassung von Grundspektralwertkurven an visuelle Farbvergleiche beschäftigt hat.

Zu Beginn der Jahrestagung konnten wiederum mehrere langjährige Mitglieder mit der DfwG-Anstecknadel geehrt werden. Die nachfolgenden Vorträge haben dann ein interessantes Spektrum präsentiert, angefangen von einer historischen Übersicht über Messverfahren zur Aufnahme von Spektralwertkurven, gefolgt von einer Darstellung zu Farbwahrnehmungsproblemen und der Bewertung von Farbabstandformeln, ein Thema, welches wohl noch lange nicht zu einem für alle befriedigenden Ergebnis kommt. Viel Interesse fanden auch Vorträge zur Anwendung der Farbwissenschaft in der farbmeterischen Prozesskontrolle und der Untersuchung von Holzoberflächen, der Stereo-Multispektraltechnik und des Farbmanagements optisch aufgehellter Proben. Grundlagen des Weißabgleichs und der Farbqualität von LED-Lichtquellen waren weitere Beiträge zu aktuellen Entwicklungen. Die Vorträge wurden abgeschlossen mit einem Bericht über die letzten AIC-Tagungen. Den Reaktionen vieler Teilnehmer zufolge freue ich mich, dass das Niveau der Vorträge allgemein als hoch und sehr informativ eingestuft wurde. Die vielen angesprochenen und noch unklaren oder ungelösten Probleme zeigen aber auch, wie viel interessante Arbeit in der Farbwissenschaft und -technik nach wie vor noch auf uns wartet. Berichte über einzelne Vorträge werden in dieser und den nächsten Ausgaben des DfwG Reports präsentiert.

Aufgelockert wurde die Tagung durch eine Führung im Aachener Dom und durch gemeinsame abendliche Treffen. An die Führung erinnern die auf der Titelseite dieses Reports gezeigten

Bilder "Warten vor dem Dom". Nach Beendigung der Tagung war noch Gelegenheit, an einer Besichtigung von einigen Projekten des Lehrstuhles für Bildverarbeitung der RWTH teilzunehmen.

Während der Tagung fand auch die Mitgliederversammlung mit dem Bericht des Kassenwartes statt. Die Jahresabrechnung der DfwG wurde ordnungsgemäß abgeschlossen und genehmigt und ich danke hier besonders dem Kassenwart und den Kassenprüfern für ihre sorgfältige Arbeit.

Es ist mir eine Freude, mitzuteilen zu können, dass für die nächste Jahrestagung 2013 schon der Tagungsort Ilmenau gefunden wurde und Herr Prof. Schierz sich dankenswerterweise bereit erklärt hat, die Organisation der Tagung dort zu unterstützen. Vortragsanmeldungen mit einer kurzen Zusammenfassung können schon ab sofort dem Vorstand eingereicht werden.

Durch die schwierige Lage von Herrn Dr. Rösler sind Veränderungen bei der Ansiedlung der DfwG Homepage und der Erstellung unseres Reports notwendig geworden. Ich danke hier sehr herzlich unserem Sekretär Frank Rochow und den Mitgliedern Andreas Kraushaar und Werner Rudolf Cramer, dass sie so aktiv und schnell eine Lösung für den DfwG Report gefunden haben und nun schon eine erste Ausgabe in neuer Umgebung erstellen konnten. Der Vorstand bemüht sich auch um die Lösung weiterer organisatorischer Probleme. Angesichts von vielen spontanen Angeboten zur Hilfe blicke ich zuversichtlich auf die weitere Entwicklung unserer Gesellschaft und wünsche Ihnen allen ein frohes Weihnachtsfest und einen erfolgreichen und "farbenfrohen" Start in das neue Jahr 2013.

Ihr Bernhard Hill

DfwG-Ehrungen 2012

Auch in diesem Jahr wurden Mitglieder und Firmen für ihre langjährige Mitgliedschaft in der DfwG auf der Tagung in Aachen geehrt:

Für seine 30jährige Mitgliedschaft erhielt Dipl.-Ing. Klaus Reißmann die Goldene Ehrennadel.

Und für ihre 20jährige Mitgliedschaft erhielten folgende Mitglieder die Silberne Ehrennadel:

Herr Dipl.-Phys. Uwe Jens Krabbenhöft
Herr Dr. Gregor Enke
Herr Prof. Dr. Siegfried Kokoschka
Frau Dr. habil. Eva Lübbe
Herr Dr. Andreas Paul
Herr Prof. Dipl.-Ing. Axel Ritz
Herr Christian Greim
Herr Werner Rudolf Cramer
Herr Dipl.-Ing. Lutz Grambow

Geehrt wurden auch die Firmen
Firma Instrument Systems GmbH
Firma Just Normlicht GmbH
Firma Olbrich know how
Institut für Lacke und Farben e. V.
für ihre 20jährige Mitgliedschaft in der DfwG.

Visuelle Wahrnehmung gedruckter Spezialeffektfarben

Katharina Kehren, Philipp Urban, Edgar Dörsam
 Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren, Technische Universität Darmstadt
 kehren@idd.tu-darmstadt.de

Spezialeffektfarben faszinieren den Beobachter durch ihre geometrieabhängige Farbe, ihren metallischen bis perlähnlichen Glanz und ihre deutlich sichtbare Textur. Die Prozesskontrolle und Qualitätssicherung beim Drucken von Spezialeffektfarben erfordert wahrnehmungsbasierte Attribute und Toleranzen. Dazu müssen wahrnehmungsbasierte Attribute skaliert und mit optisch messbaren Parametern verknüpft werden. Als Grundlage wurden in dieser Studie die Anzahl und die Namen der relevanten Wahrnehmungsattribute für eine Auswahl gedruckter Spezialeffektfarben ermittelt.

Unter Verwendung von zwei Papiersorten und 22 Spezialeffektfarben wurden im Siebdruckverfahren 44 verschiedene Proben hergestellt. An 14 ausgewählten Proben wurden in einer Abmusterungskabine zwei visuelle Experimente durchgeführt. Im ersten Skalierungsexperiment bewerteten 38 Probanden den gesamten visuellen Unterschied zwischen zwei präsentierten Proben für alle 91 möglichen Probenpaare. Im zweiten Skalierungsexperiment gaben 22 Probanden ihre Bewertungen zu zwölf der Literatur entnommenen Wahrnehmungsattributen ab.

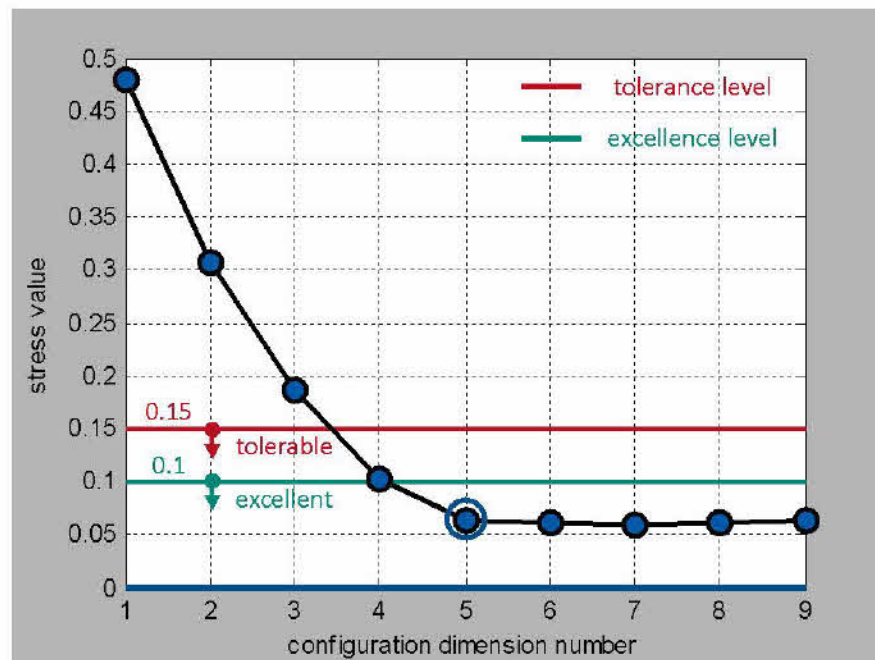


Abbildung 1: Stresskurve aus Stresswerten nach Kruskal abgetragen über der Dimensionsanzahl mit Toleranzlevel und Exzellenzlevel.

Die gesammelten Daten wurden durch multidimensionale Skalierung und Korrelationsanalysen statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung sind die Anzahl und die Namen der relevanten Wahrnehmungsattribute. Die Anzahl der relevanten Attribute wurde anhand der in Abbildung 1 gezeigten Stresskurve ermittelt. Der Stresswert liegt ab einer Anzahl von fünf Dimensionen unterhalb der Exzellenzgrenze. Der Wahrnehmungsraum der ausgewählten gedruckten Spezialeffektfarben hat fünf relevante Dimensionen.

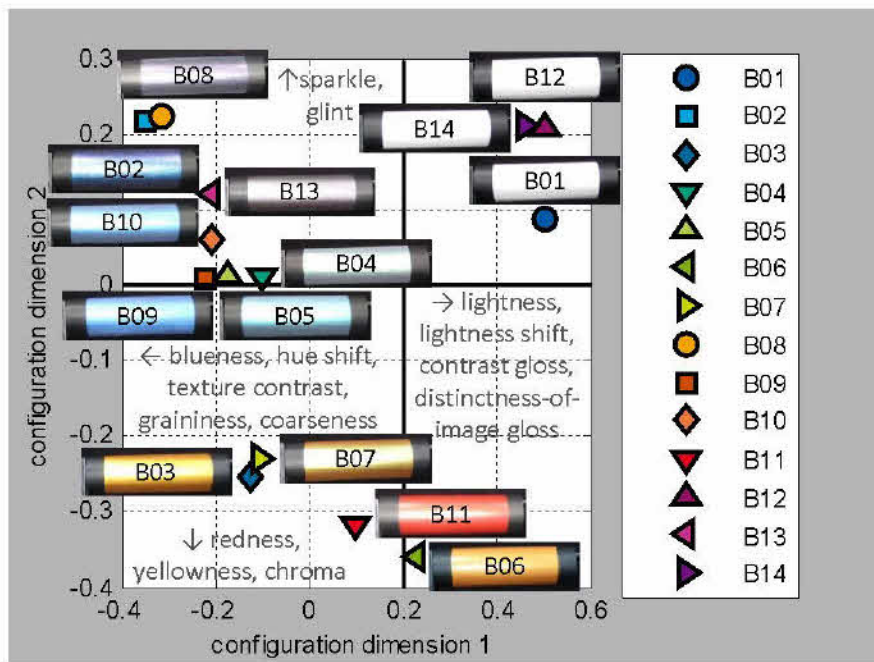


Abbildung 2: Konfiguration der Proben für die ersten beiden Dimensionen und Korrelation der Attribute mit den ersten beiden Dimensionen.

Die Namen der relevanten Wahrnehmungsattribute ergaben sich aus zwei Korrelationsanalysen. Die Korrelationen der Attribute mit den Dimensionen der Konfiguration sind in Abbildung 2 für die ersten beiden Dimensionen dargestellt. Weiterhin erlauben die Korrelationen der Attribute untereinander die Zusammenfassung der zwei getesteten Glanzattribute (Helligkeitswechsel oder Kontrastganz und Glanzabbildungsschärfe) sowie der drei getesteten Texturattribute (Texturkontrast, Glitzern oder Funkeln und Körnigkeit oder Grobheit). Bei den relevanten Attributen handelt es sich um drei unabhängige Farbattribute (Bunton und Buntheit und Helligkeit) sowie ein umfassendes Glanzattribut und ein umfassendes Texturattribut.

Die visuellen Experimente wurden um ein drittes Skalierungsexperiment an 20 anderen Proben in einem Mehrwinkelprüfstand erweitert. Unter Anwendung einer Hauptkomponentenanalyse und einer exploratorischen Faktorenanalyse wurde mit der statistischen Auswertungen fortgefahren. Alle Ergebnisse dieser Studie zur visuellen Wirkung gedruckter Spezialeffektfarben werden umfassend in einer Dissertation veröffentlicht.

DfwG-Jahrestagung 2012



Visual Appearance of Printed Special Effect Colors

Problem and Approach

Printed Special Effects

Bidirectional Optical Properties

Visual Perception Research

Visual Appearance and Optical Properties of Printed Special Effect Colors

Special Effect Samples

Bidirectional Reflectance Database

Visual Appearance Attributes

Summary and Outlook

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren



1 Problem and Approach



Problem

Under-Researched Special Effect Printing

Special effect printing is largely unexplored.

Complex Bidirectional Reflectance Distribution

The bidirectional reflectance distribution is complex.

Missing Perception-Based Characterization

An adequate perception-based description is missing.

Approach

Printing Special Effect Samples

Special effect samples should be printed.

Generating Bidirectional Reflectance Database

A reflectance database should be generated.

Identifying Essential Visual Appearance Attributes

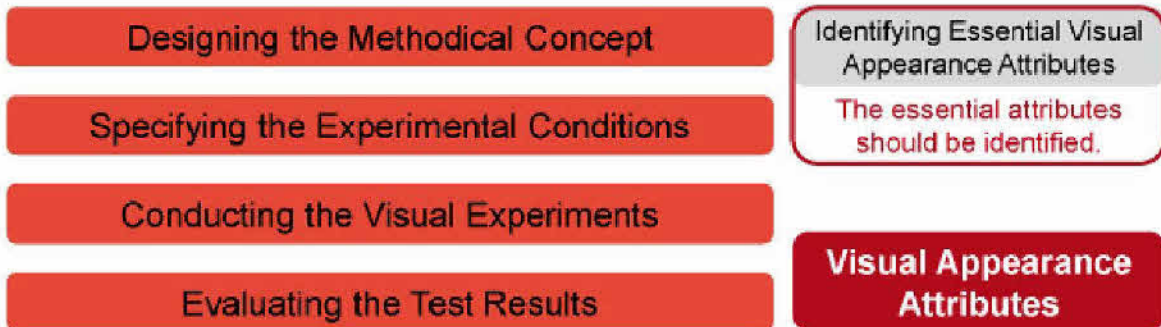
The essential attributes should be identified.

Visual Appearance Attributes

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 2



7 Visual Appearance Attributes

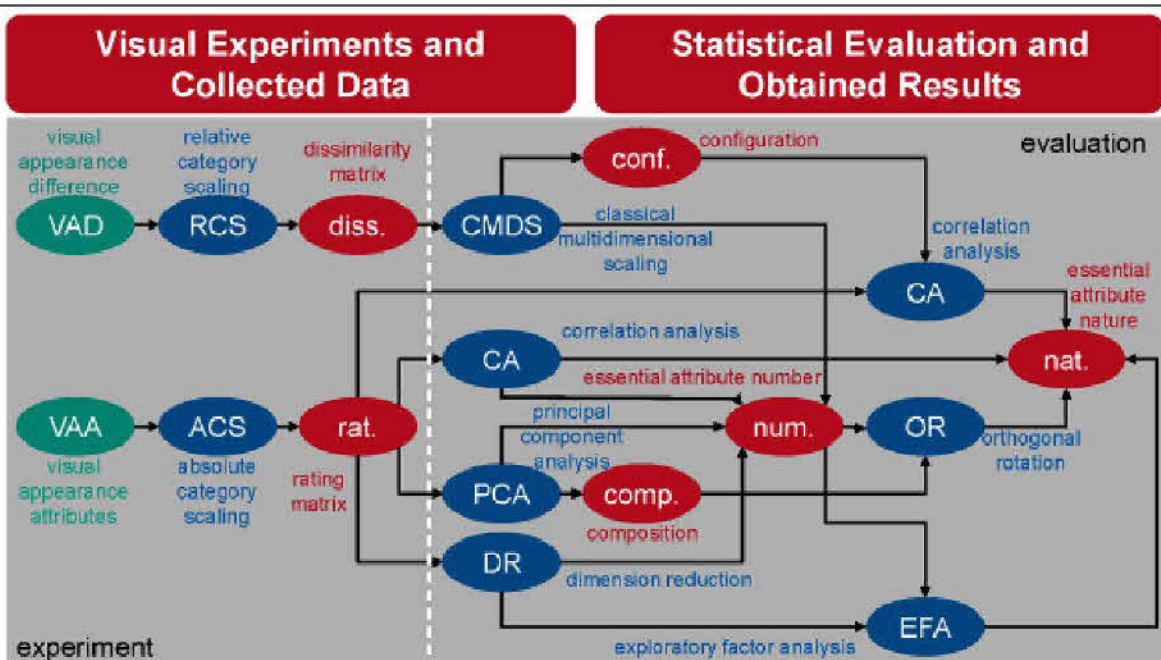


What is the **number** of essential **visual appearance attributes** for printed special effect colors?

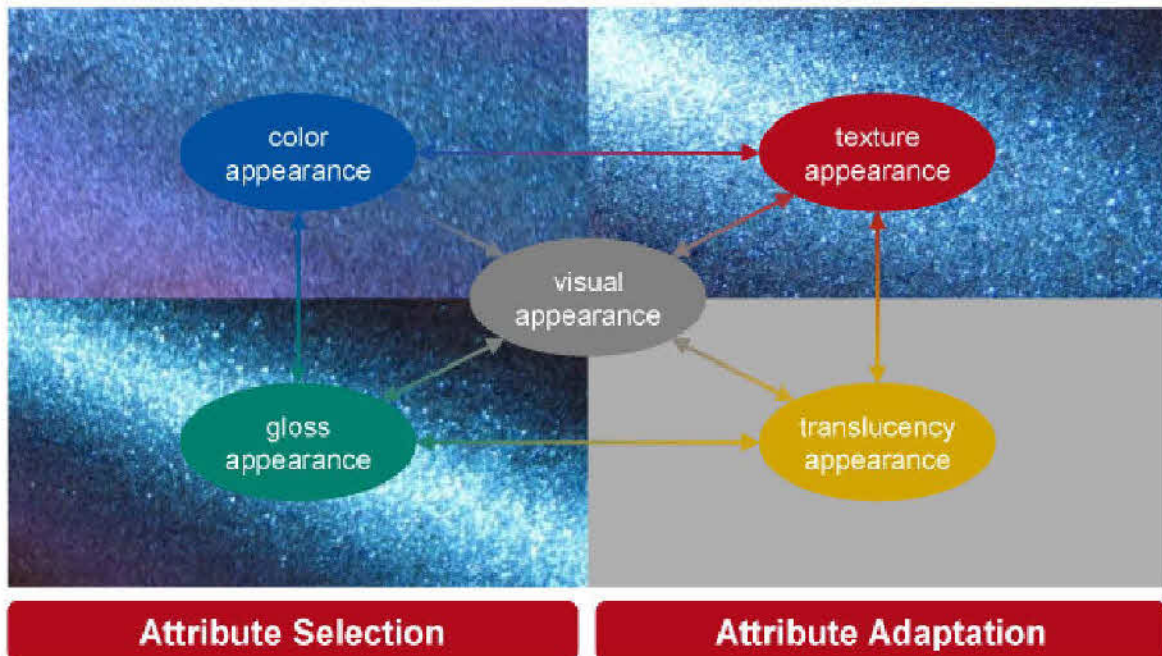
What is the **nature** of essential **visual appearance attributes** for printed special effect colors?



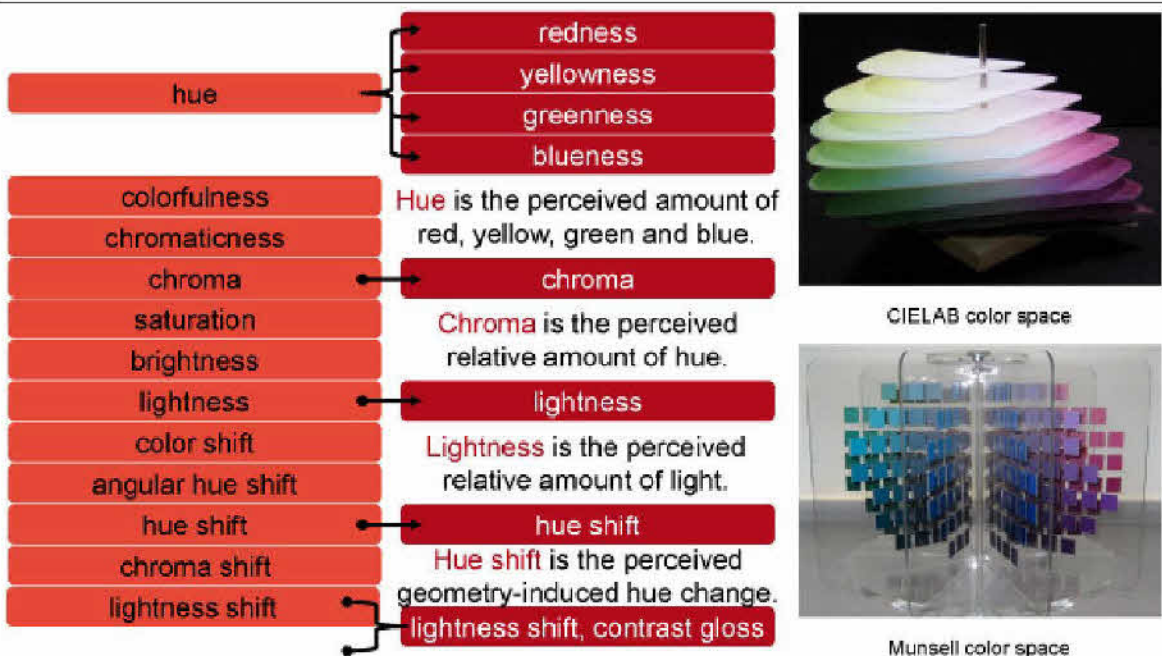
7 Visual Appearance Attributes – 7.1 Designing the Methodical Concept



7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.1 Estimated Attributes

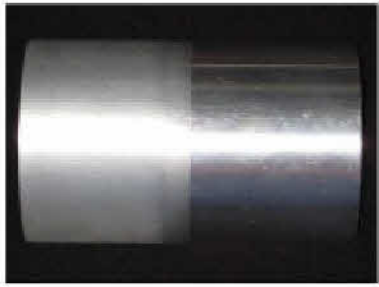
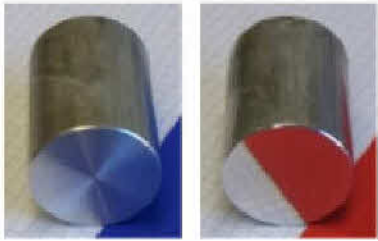


7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.1 Estimated Attributes – Color Attributes



7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.1 Estimated Attributes – Gloss Attributes




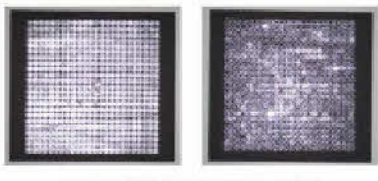
contrast gloss	<p style="color: red; font-weight: bold;">lightness shift, contrast gloss</p> <p>Lightness shift or contrast gloss is the perceived geometry-induced lightness change or the perceived lightness difference between specular direction and off-specular direction.</p>	 <p>low and high contrast gloss</p>
specular gloss		
luster		
bloom		
haze		
sheen		
distinctness-of-image gloss	<p style="color: red; font-weight: bold;">distinctness-of-image gloss</p> <p>Distinctness-of-image gloss is the perceived sharpness of a reflected image.</p>	 <p>low and high distinctness-of-image gloss</p>
absence-of-bloom gloss		
surface-uniformity gloss		
metal gloss		
pearl gloss		

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 7



7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.1 Estimated Attributes – Texture Attributes



texture contrast	<p style="color: red; font-weight: bold;">texture contrast</p> <p>Texture contrast is the perceived location-induced lightness difference.</p>	 <p>low and high texture contrast</p>
repetitiveness		
feature density		
roughness		
granularity		
graininess		
coarseness		
fineness		
directionality		
orientation		
complexity		
randomness	<p style="color: red; font-weight: bold;">sparkle, glint</p> <p>Sparkle or glint is the perceived intensity of many small local directional reflections.</p>	 <p>low and high sparkle or glint</p>
regularity		
uniformity		
sparkle		
glint		

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 8



7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.2 Assessed Samples – Sample Selection



14 of 44 BASF Screen Printing Samples

paper quality	white glossy coated paper	B01	B02	B03	B04
	black uncoated paper	B05	B06	B07	
varnish status	unvarnished surface	B08	B09	B10	B11
background color	white paper background	B12	B13	B14	
	black paper background				

20 of 224 MERCK Flexo Printing Samples

paper quality	white glossy coated paper	M01	M02	M03	M04
	white matte coated paper	M05	M06	M07	M08
varnish status	unvarnished surface	M09	M10	M11	M12
	glossy varnished surface	M13	M14	M15	M16
background color	white paper background	M17	M18	M19	M20
	black printed background				

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 9



7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.2 Assessed Samples – Sample Preparation



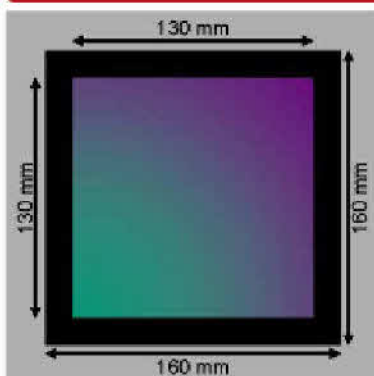
Rolled Samples



Rolled samples are for the **simultaneous** realization of multiple geometries.



Planar Samples



Planar samples are for the **successive** realization of multiple geometries.



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 10

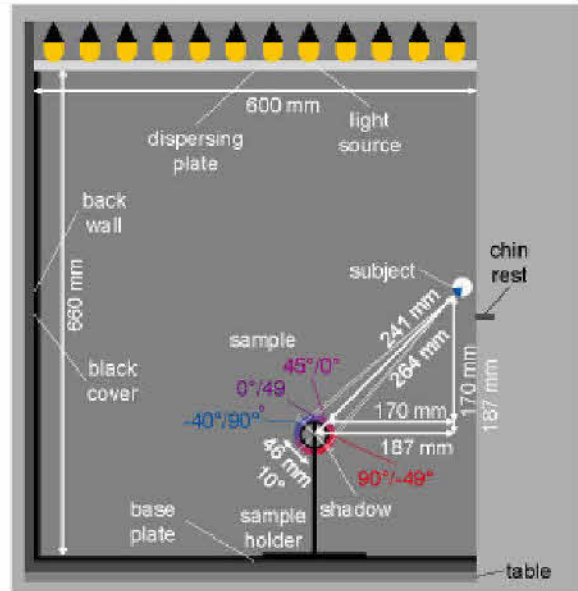


7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.3 Experimental Equipment – CMLB



Commercial Color Matching Light Booth

The simultaneous observation in multiple geometries works due to the curvature of rolled samples despite the static illumination.



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 11



7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.3 Experimental Equipment – CMLB

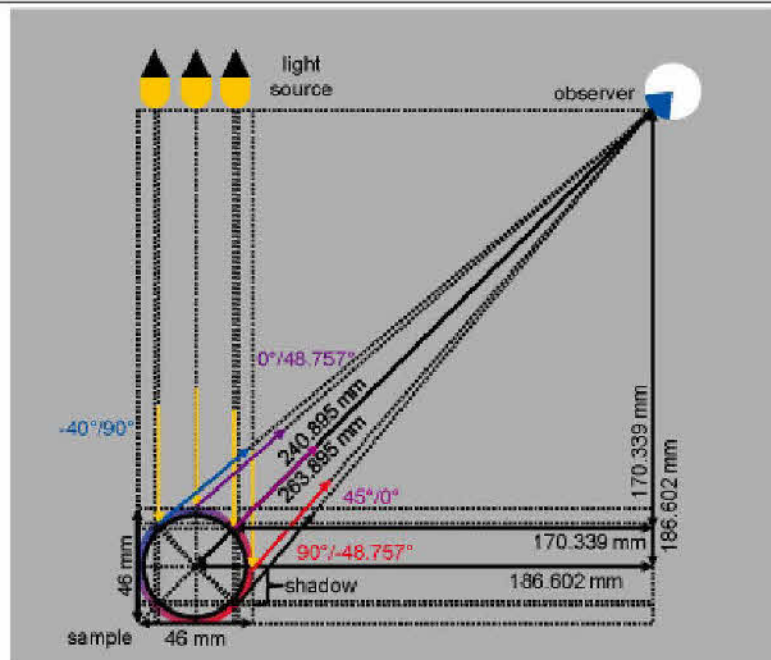


Commercial Color Matching Light Booth

directional-diffuse illumination according to standard illuminant **D65**

distance-adjusted observation according to **10°** standard observer

multi-angle realization of geometric configurations from **-40°/90°** to **90°/-49°**



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 12

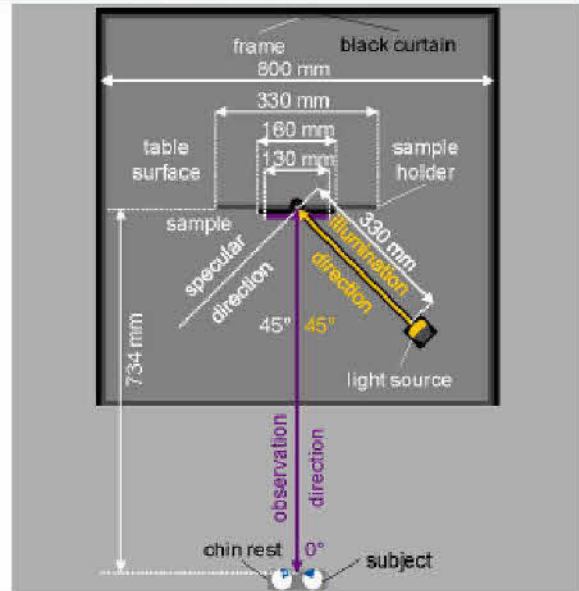
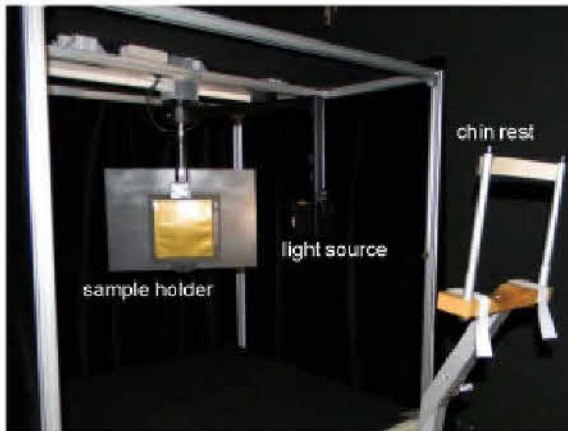


7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.3 Experimental Equipment – MATB



Custom-Made Multi-Angle Test Bench

The successive observation in multiple geometries works due to the rotation of planar samples and the moving illumination.



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 13



7.2 Specifying the Experimental Conditions – 7.2.3 Experimental Equipment – MATB

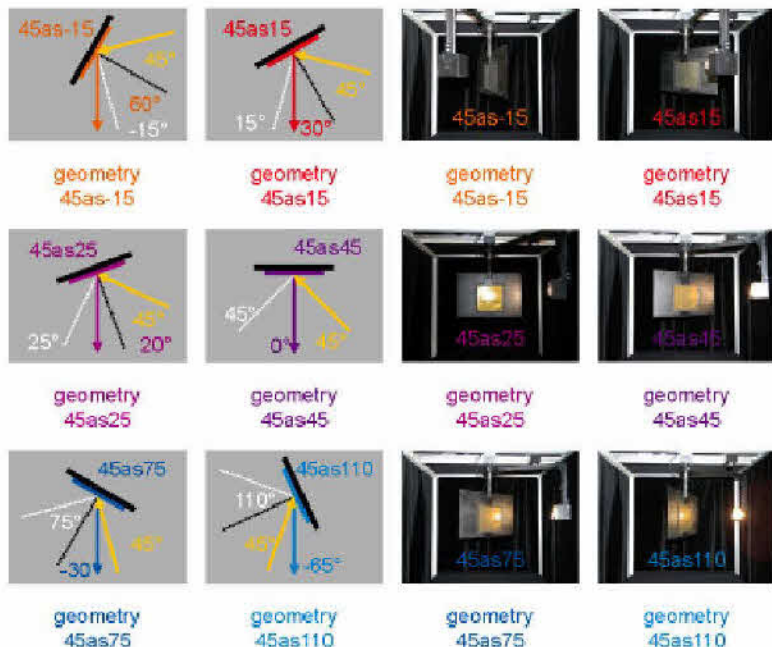


Custom-Made Multi-Angle Test Bench

directional illumination according to standard illuminant D50

distance-adjusted observation according to 10° standard observer

multi-angle realization of geometric configurations from 45as-15 over 45as15, 45as25, 45as45 and 45as75 to 45as110



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 14



7.3 Conducting the Visual Experiments – 7.3.1 Trial Specification



RCS-VAD-CMLB-OB14

relative category scaling (**RCS**) of total visual appearance difference (**VAD**) of 14 rolled BASF samples (**OB14**) in color matching light booth (**CMLB**)



ACS-VAA-CMLB-OB14

absolute category scaling (**ACS**) of 12 visual appearance attributes (**VAA**) of 14 rolled BASF samples (**OB14**) in color matching light booth (**CMLB**)



ACS-VAA-MATB-IM20

absolute category scaling (**ACS**) of 12 visual appearance attributes (**VAA**) of 20 planar MERCK samples (**IM20**) in multi-angle test bench (**MATB**)



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 15



7.3 Conducting the Visual Experiments – 7.3.2 Participating Subjects – Subject Assortment



Gender

Age

trial	procedure	RCS	ACS	ACS
	dimension	VAD	VAA	VAA
	equipment	CMLB	CMLB	MATB
	samples	OB14	OB14	IM20
gender	female gender	14 pcs	9 pcs	14 pcs
	male gender	24 pcs	13 pcs	20 pcs
	total number	38 pcs	22 pcs	34 pcs
age	minimal age	23 a	25 a	22 a
	maximal age	63 a	49 a	46 a
	average age	34.47 a	31.36 a	25.68 a
	stand. dev.	9.66 a	5.79 a	4.57 a

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 16



7.3 Conducting the Visual Experiments – 7.3.2 Participating Subjects – Subject Requirements



Visual Acuity

Landolt C Detection Test	Snellen E Detection Test	Snellen Letters Recognition Test

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 17



7.3 Conducting the Visual Experiments – 7.3.2 Participating Subjects – Subject Requirements



Color Vision

Ishihara color deficiency test	Farnsworth-Munsell D15 test	Farnsworth-Munsell 100 hue test

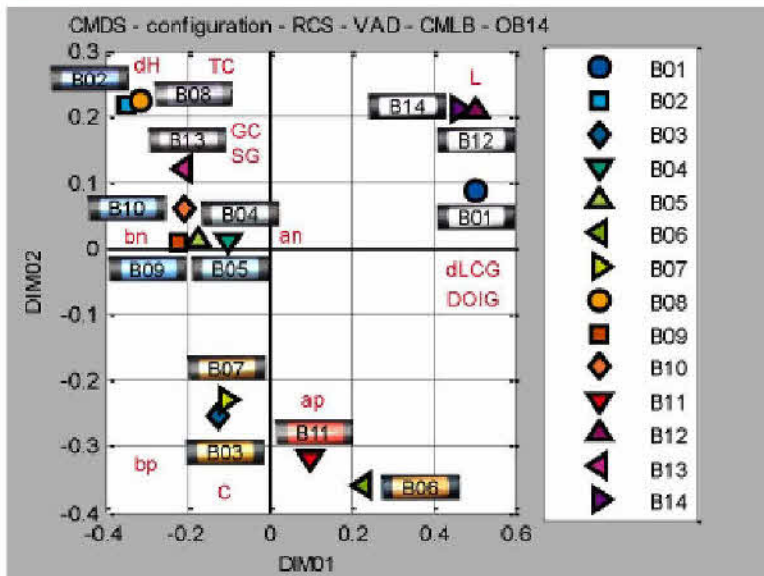
09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 18



7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.1 Interim Results – Configuration from CMDS



Configuration from CMDS for Trial RCS-VAD-CMLB-OB14



Lightness is high for sample B01, B12 and B14.
 Chroma, yellowness and/or redness are high for sample B03, B06, B07 and B11.
 Greenness is high for sample B04 and B05.
 Blueness is high for sample B02, B09 and B10.
 Hue shift is high for sample B02 and B08.
 Gloss is high for sample B01, B06, B11, B12 and B14.
 Texture is high for sample B02, B08 and B13.
 Perceptually similar samples form local groups.

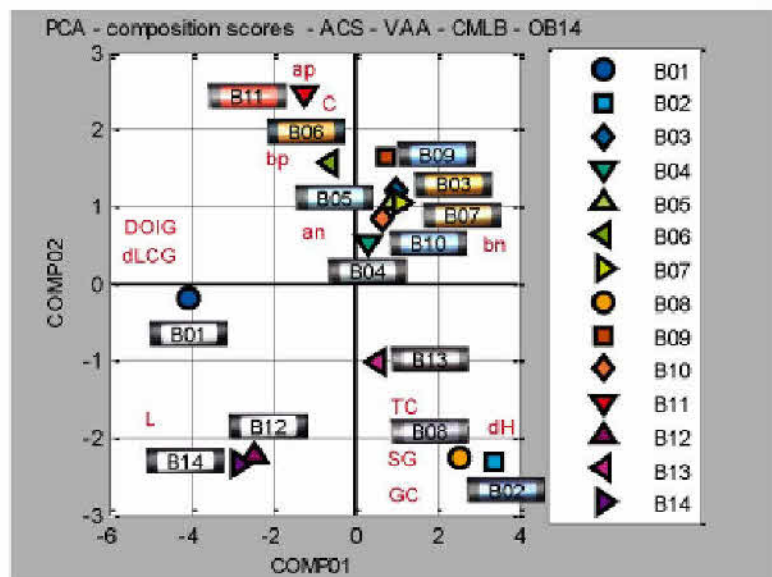


7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.1 Interim Results – Composition from PCA



Composition from PCA for TRIAL ACS-VAA-CMLB-OB14

Lightness is high for sample B01, B12 and B14.
 Chroma, yellowness and/or redness are high for sample B03, B06, B07 and B11.
 Greenness is high for sample B04 and B05.
 Blueness is high for sample B02, B09 and B10.
 Hue shift is high for sample B02 and B08.
 Gloss is high for sample B01, B06, B11, B12 and B14.
 Texture is high for sample B02, B08 and B13.
 Perceptually similar samples form local groups.

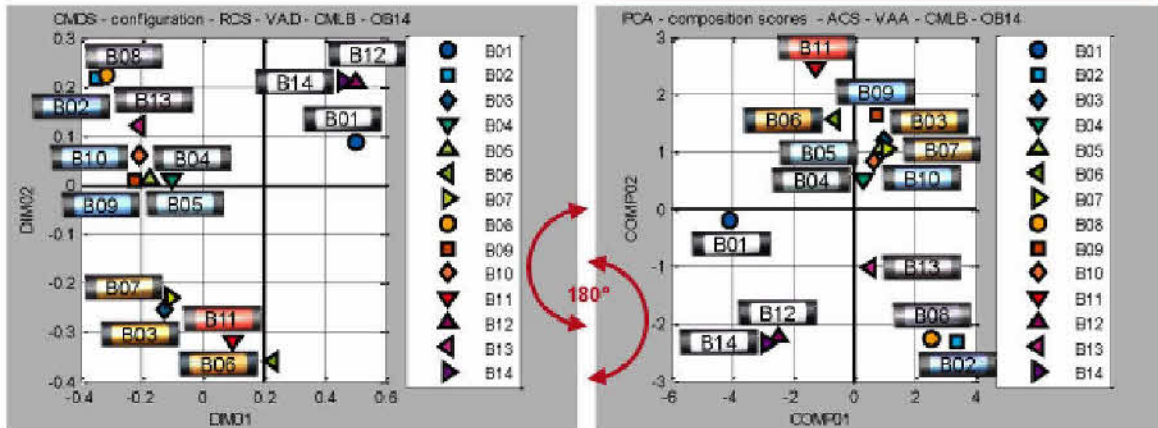


7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.1 Interim Results – Configuration and Composition



Configuration from CMDS for Trial RCS-VAD-CMLB-OB14

Composition from PCA for TRIAL ACS-VAA-CMLB-OB14



Perceptually similar samples form local groups.

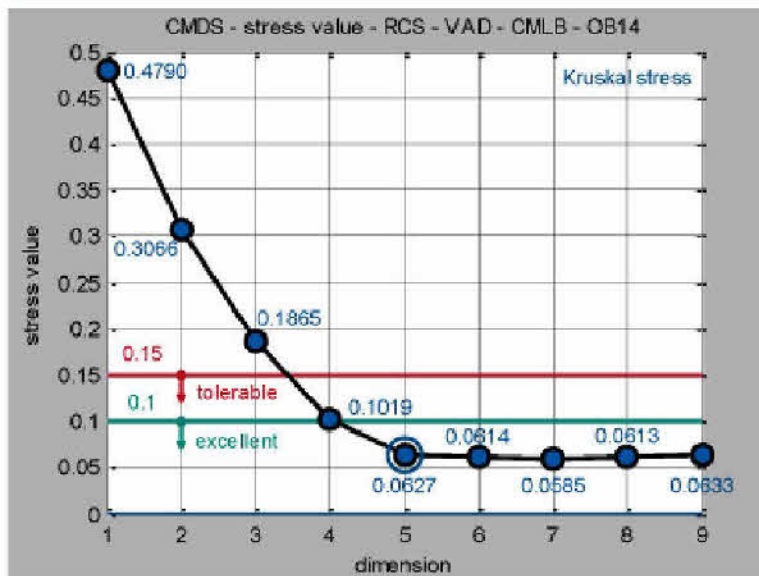
The coordinate axes represent similar properties.



7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.2 Final Results – Number of Essential Attributes



Stress Values from CMDS for Trial RCS-VAD-CMLB-OB14



The stress value is the residual error of the best fitting configuration.

Kruskal gave statements about a tolerance levels and an excellence level.

A stress value equal to or smaller than 0.15 is tolerable.

A stress value equal to or smaller than 0.1 is excellent.

The number of essential dimensions is five.



7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.2 Final Results – Number of Essential Attributes

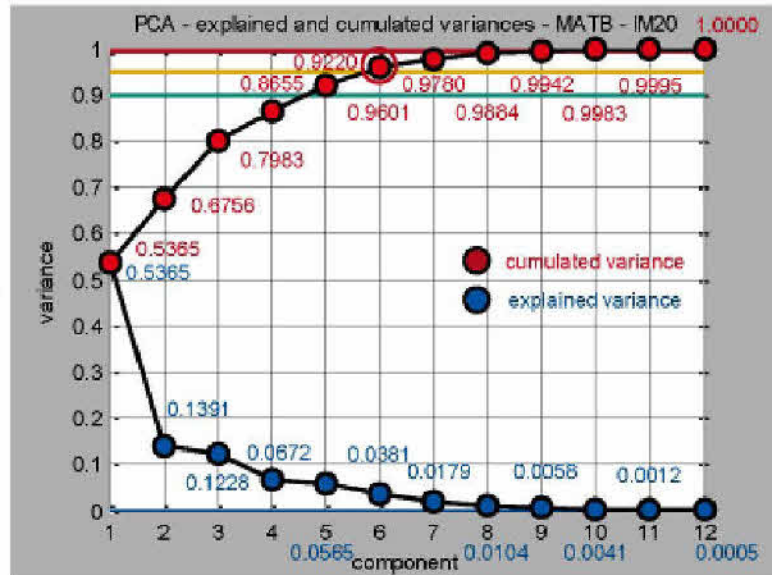


Variances from PCA for Trial ACS-VAA-MATB-IM20

The **explained variance** of a component is the variance of the component itself divided by the sum of variances over all components.

The **cumulated variance** of a component is the sum over the explained variances whose number is smaller than and equal to the number of the considered component.

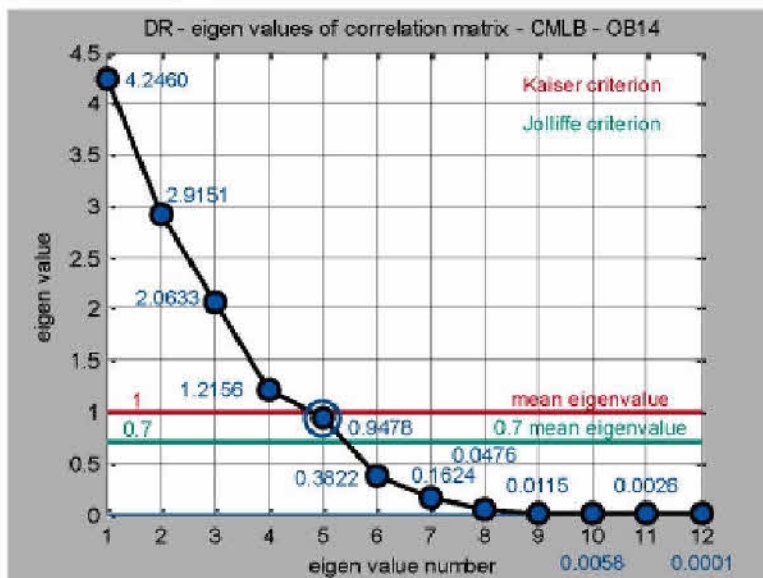
Number of essential dimensions is **six**.



7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.2 Final Results – Number of Essential Attributes



Eigenvalues from DR for Trial ACS-VAA-CMLB-OB14



The **eigenvalues** of the **covariance** or **correlation matrix** indicate the variation.

The **Kaiser** and **Jolliffe criterion** imply that the number of necessary dimensions is equal to the number of eigenvalues being higher than the **mean eigenvalue** or **0.7 times** of it.

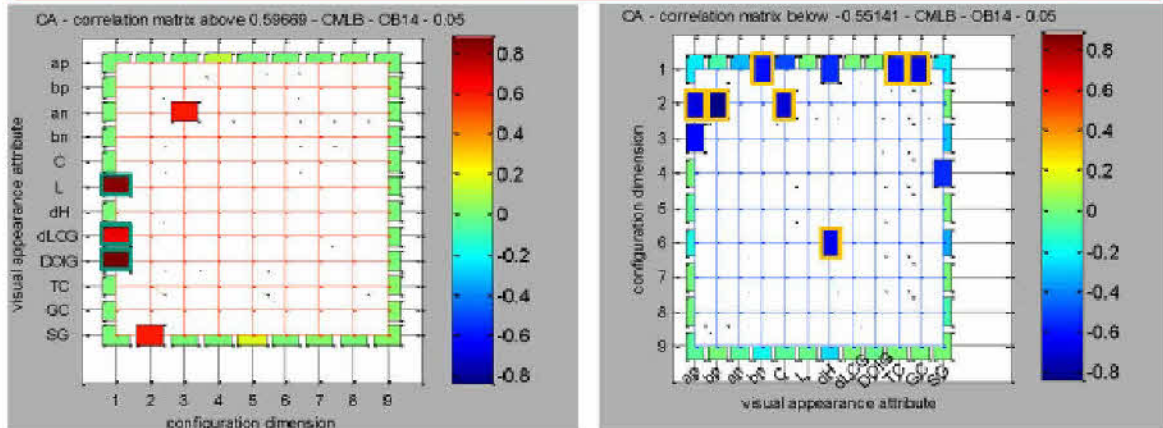
Different **methods** and **criteria** generate comparable results.

The essential attribute number is between **four** and **six**.



7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.2 Final Results – Number of Essential Attributes

Correlation Coefficients from CA of Configuration and Ratings



Dimension 1 is for **texture** (TC, GC), **blueness** (bn), **lightness** (L) and **gloss** (dLCG, DOIG).

Dimension 3 is for **greenness** (an).

Dimension 5 for none of the tested attributes.

Dimension 2 is for **redness** (ap), **yellowness** (bp) and **chroma** (C).

Dimension 4 for **texture** (SG).

Dimension 6 for **hue shift** (dH).

7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.2 Final Results – Number of Essential Attributes

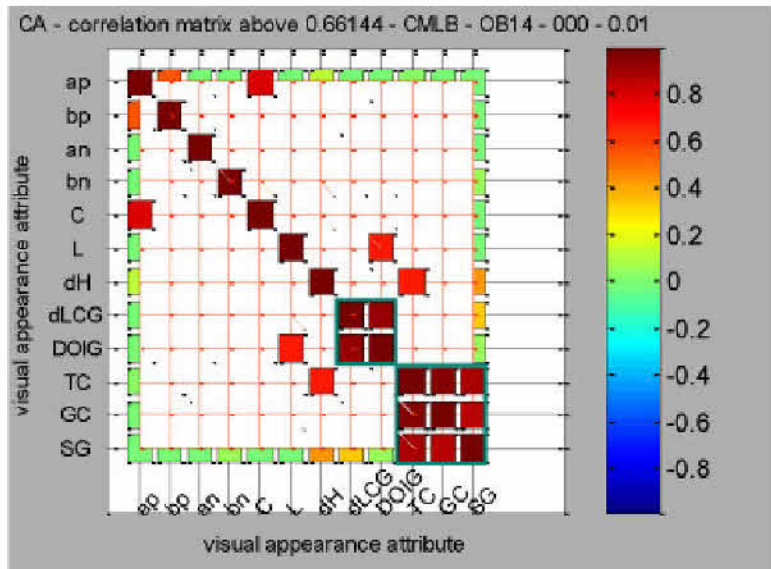
Correlation Coefficients from CA of Ratings for ACS-VAA-CMLB-OB14

Significantly positive correlation of the **texture** and the **gloss** attributes occurs.

One **texture** and one **gloss** attribute is sufficient.

Further **significant correlations** are induced by the **sample set**.

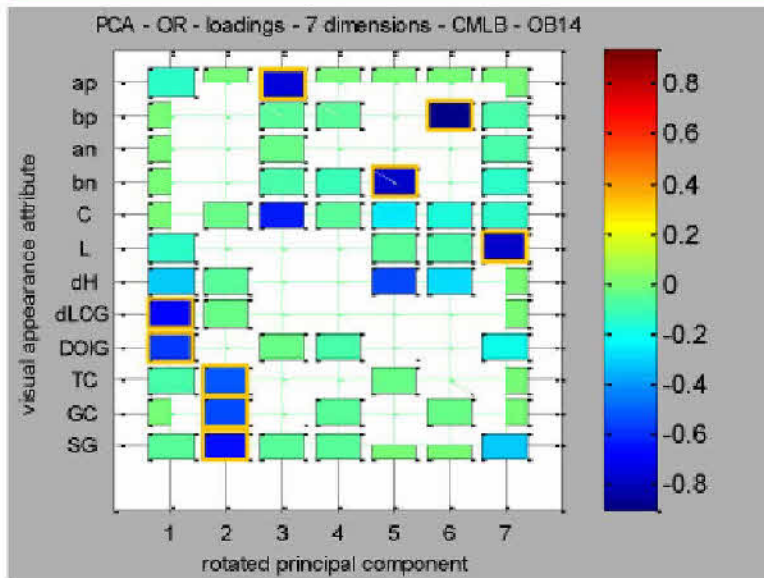
A **grater number** and **variety** of samples is necessary.



7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.2 Final Results – Number of Essential Attributes



Component Loadings from PCA followed by OR



Component 1 is for gloss.

Component 2 is for texture.

Component 3 is for redness.

Component 4 is for greenness (no figure, see thesis).

Component 5 is for blueness.

Component 6 is for yellowness.

Component 7 is for lightness.

The essential attribute nature is hue, chroma, lightness, gloss and texture.

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 27



7.4 Evaluating the Test Results – 7.4.2 Final Results – Number of Essential Attributes



Factor Loadings from EFA based on DR

Factor 1 is for lightness (no figure, see thesis) and texture.

Factor 2 is for gloss.

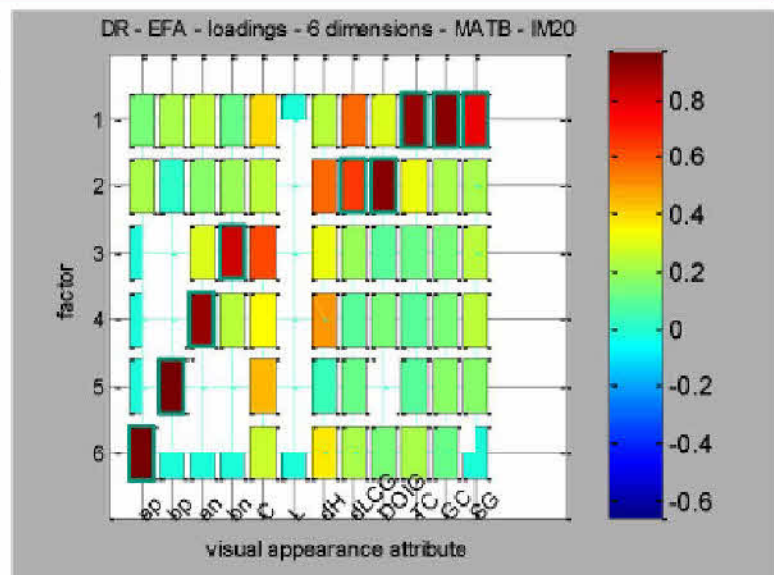
Factor 3 is for lightness (no figure, see thesis) and blueness.

Factor 4 is for greenness.

Factor 5 is for yellowness.

Factor 6 is for redness.

The essential attribute nature is hue, chroma, lightness, gloss and texture.



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 28

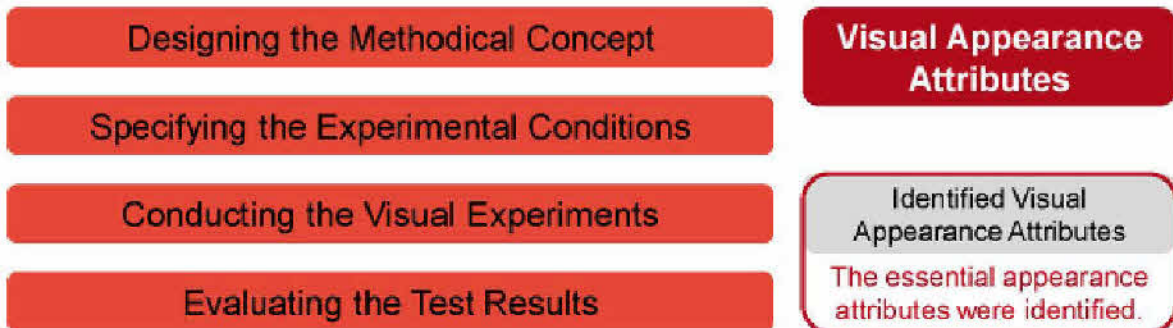


7 Visual Appearance Attributes



For the tested sample set of printed special effect colors, the **number** of essential **visual appearance attributes** is between **four** and **six** and most likely **five**.

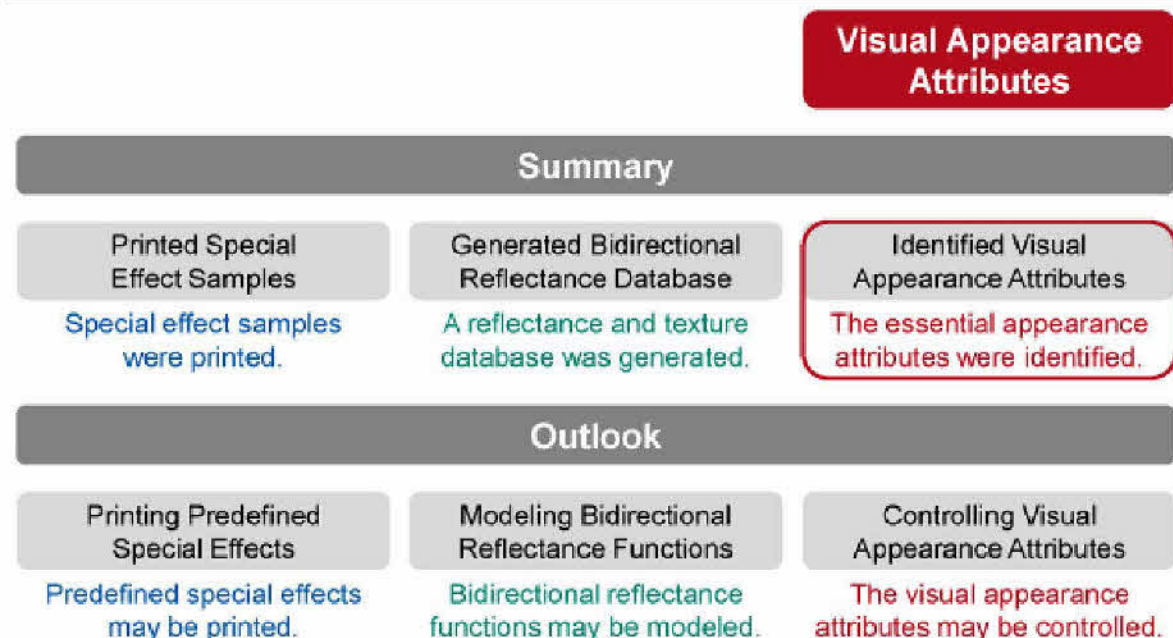
For the tested sample set of printed special effect colors, the **nature** of essential **visual appearance attributes** is **hue**, **chroma**, **lightness**, **gloss** and **texture**.



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 29



8 Summary and Outlook



09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren | 30



Thanks for your attention!
Are there any questions?



Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren, Technische Universität Darmstadt
 Dipl.-Ing. Katharina Kehren, kehren@idd.tu-darmstadt.de
 Magdalenenstraße 2, 64289 Darmstadt

Problem and Approach

**Printed Special
Effects**

**Bidirectional
Optical Properties**

**Visual Perception
Research**

Visual Appearance and **Optical Properties** of **Printed Special Effect Colors**

**Special Effect
Samples**

**Bidirectional
Reflectance Database**

**Visual Appearance
Attributes**

Summary and Outlook

09.10.2012 | Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren | Dipl.-Ing. Katharina Kehren



Farbmanagement für optisch aufgehellte Proben

Andreas Kraushaar, Fogra Forschungsgesellschaft e.V., 81673 München
kraushaar@fogra.org

In den vergangenen 15 bis 20 Jahren haben sich die Qualitäten der graphischen Papiere im Hinblick auf ihre optischen Eigenschaften deutlich verändert. Insgesamt hat eine signifikante Verschiebung zu bläulichen Weißnuancen stattgefunden, wobei dieser Effekt durch eine Kombination von bläulichen Nuancierfarbstoffen und optischen Aufhellern erreicht wird. Bläuliches Weiß wird vom menschlichen Wahrnehmungssystem als das „bessere“, hellere Weiß empfunden. Dies ist seit Jahrzehnten bekannt und in der Weißmetrik u. a. durch CIE Tint und Weiße beschrieben. Für die farbliche Darstellung bildhafter Motive dagegen reicht die Beschreibung des Weißpunktes alleine nicht aus. Vielmehr muss eine farbgenaue Charakterisierung des gesamten Farbumfangs erfolgen. Diese Forderung nach Genauigkeit hängt allerdings stark mit dem UV-Anteil sowohl in der Farbmessung als auch in der Abmusterung zusammen. Dieser Vortrag berichtet von Zwischenergebnissen zu einem laufenden Fogra-Forschungsvorhaben in dem Methoden zur Überwindung fluoreszenzbedingter Abweichungen zwischen Proof (auch Softproof) und Auflagedruck dargestellt werden. Dies beginnt mit einer Analyse der aktuellen Papierqualitäten hinsichtlich Färbung und Aufhelleranteil. Anschließend wird ein Verfahren vorgestellt, das die Berechnung des wirksamen UV-Anteils beschreibt. Die Auswertung der Genauigkeit und Präzision aktueller 45°/0° Handmessgeräte mit D50-Messbeleuchtung (ISO 13655:2009 – M1) bildet den Schwerpunkt der Arbeit, da hiermit neue Charakterisierungsdaten erstellt werden sollen. Konkret werden Charakterisierungsdaten für den Offsetdruck auf gestrichenen und ungestrichenen Papierqualitäten vorgestellt. Abschließend wird ein Ausblick gegeben, in wie fern die gesamte Prozesskette von der Datenaufbereitung beim Kreativen über die Qualitätssicherung beim Druckdienstleister bis hin zur finalen Darstellung im Nutzerkontext betroffen ist und welche Änderungen nötig sind.

DfwG, 2012, Agenda

Agenda

gmg

fogra

1. Motivation/Problemstellung
2. Einflussparameter auf die Modellierung von aufgehellten Drucken
3. Einfluss von UV-Anteil und Anteil an optischen Aufhellern
4. Analyse der Aufheller-Charakteristik
5. Charakterisierungsdaten und ICC-Profile ("FOGRA51/52")
6. Ausblick

Af

Methodenentwicklung zur Überwindung
fluoreszenzbedingter Abweichungen
zwischen Prüf- und Auflagendruck
Af-Nr.: 16607 N
Zwischenergebnisse

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstadt | johannes.hoffstadt@gmgcolor.com

DfwG, 2012, Agenda

1. Motivation & Problemstellung

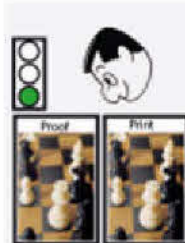
fogra

- ↪ Wichtige Anforderung in der Druckindustrie ist die Übereinstimmung zwischen Prüfdruck und Druck

Prüfdruck (Proof):

- ↪ Digitaldruck (meist Inkjet)
- ↪ Bedruckstoff ohne optische Aufheller → Lichtechtheit
- ↪ Unterschied zum Druck:
 - ↪ Bedruckstoff (Anteil OBA)
 - ↪ Rasterung
 - ↪ Farbmittel

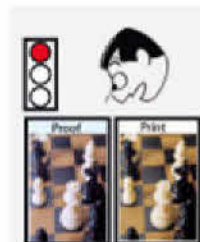
OBA, Optical Brightening Agent



Auflagendruck (Print):

- ↪ Fortdruck (Offset, Tiefdruck etc)

- ↪ Durch die Verwendung von Bedruckstoffen mit hohem Anteil optischer Aufheller (OBA) und einer besseren D50-Simulation (insbesondere im UV-Anteil gemäß ISO 3664) kommt es zu visuellen Unterschieden zwischen Prüfdruck und Druck

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstadt | johannes.hoffstadt@gmgcolor.com

2

DfwG, 2012, Kaden

1. Optische Aufheller - ein aktuelles Problem?



„Bei einem strengen Vergleich des Druckausfalls gegenüber einem Bezugsweiß wird die Wiedergabe jedoch stark durch die Papiertönung beeinflusst, vor allem ...

Starke Variationen können auch bei Papieren mit optischen Aufhellern auftreten, je nachdem ...“

K. H. Schmeier, „Fogra Mitteilungen“, Nr. 50, 1966, S. 11

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstedi@gm-gossen.com

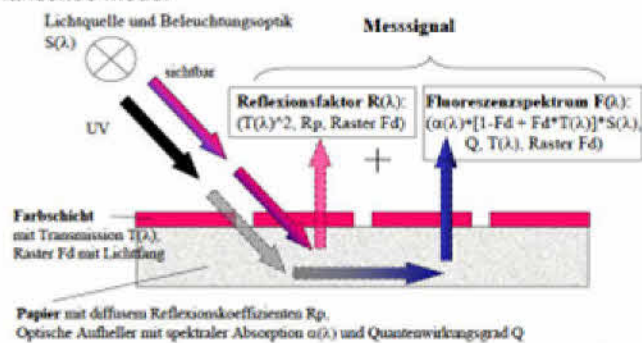
3

DfwG, 2012, Kaden

2. Modellierung des Farbreizes



- Die subtraktive Farbmischung (Absorption) in den (aufgerasterten) Farbschichten definiert den Reflexionsfaktor gegenüber dem "Grundweiß"
- Fluoreszenz ist eine additive Komponente und muss als zusätzliche Lichtquelle betrachtet werden
- Exemplarisches Modell



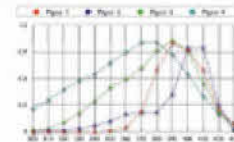
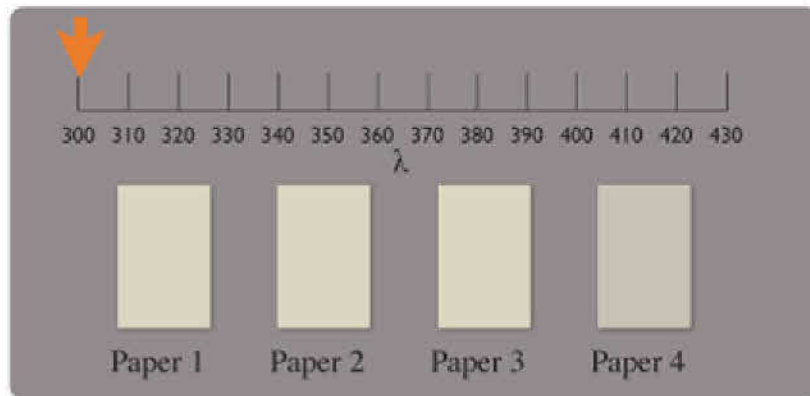
Quelle: 2006, Ehbets (X-RITE)

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstedi@gm-gossen.com

4

DfW-G, 2012, Aachen

2. Absorptionscharakteristik der optischen Aufheller

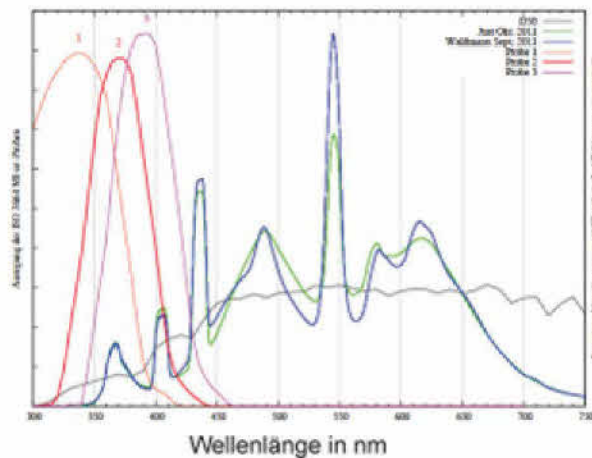


Andreas Kraushaar | skraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | johannes.hoffstedt@imgcolor.com

5

DfW-G, 2012, Aachen

2. Absorptionscharakteristik der optischen Aufheller



Darstellung aktueller Messungen von Normlichtlampen (auf gleichen Flächeninhalt normiert)

- Glücklicherweise variieren die Aufheller in den typischen Papieren nicht derart stark (aber durchaus in Textilien)
- Annahme einer typischen spektralen Absorption $\Rightarrow \alpha(\lambda) \Rightarrow$ CIE 51 Typ 2

Andreas Kraushaar | skraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | johannes.hoffstedt@imgcolor.com

5

DfwG, 2012, Aachen

3 Einflussfaktoren: UV-Anteil und OBA-Anteil



- UV- und OBA-Anteil sind wesentliche Einflussgrößen
- Rasterung und Reflexion/Absorption der Farbmittel im UV-Bereich sind sekundär

Abmusterkabine - D50



Abmusterkabine - "UV-Only"



Bedruckstoffe mit variierendem Anteil an optischen Aufhellern (OBA)

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstedt@imgcolor.com

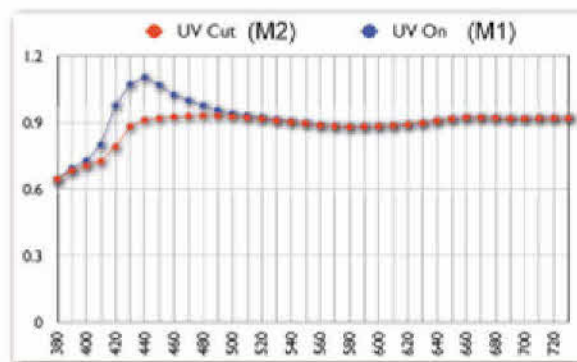
7

DfwG, 2012, Aachen

3 Einflussfaktoren: OBA-Anteil



- Unterschiedliche Korrelate möglich
- Praktisch: Weißgrade, Differenz der CIEb*-Werte bei Messung mit und ohne UV-Anregung (ISO 13655:2009 M1 und M2)
- "ΔB", d.h. die Differenz aus ISO Brightness (ISO 2470-2) und ISO Brightness mit Anregung ohne UV (UV-Cut bei 410 nm) [vgl. Konica Minolta]



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstedt@imgcolor.com

8

DfW-G, 2012, Aachen

3 Einflussfaktoren: UV-Anteil



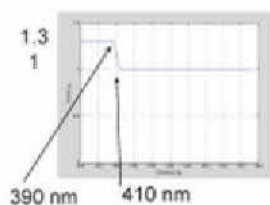
- Unterschiedliche Korrelate möglich
- Direkte Methoden:

$$UV_{AAVE} = \frac{\sum_{\lambda=390}^{400} S(\lambda)}{\sum_{\lambda=400}^{700} S(\lambda)}$$

- Indirekte Methoden: Bewertung des Einflusses auf Basis typischer Papiere

NEU

1. Definiere den UV-Anteil (Wichtung)
2. Modifiziere zu bewertendes Spektrum
3. Berechnung Δb [Muv] für Typ 2 gemäß CIE 51
4. Berechnung des korrespondierenden UV-Anteils



1	40,1234	0,2180	0,0772
2	40,2234	0,2440	0,0772
3	40,3234	0,2700	0,0772
1	40,1234	0,2000	0,0772
2	40,2234	0,2200	0,0772
3	40,3234	0,2400	0,0772

$\Delta b = 0,95$

Regression aus UV-Variation gemäß ISO 3664



Andreas Kraushaar | andreas@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstedt | johannes.hoffstedt@imgcolor.com

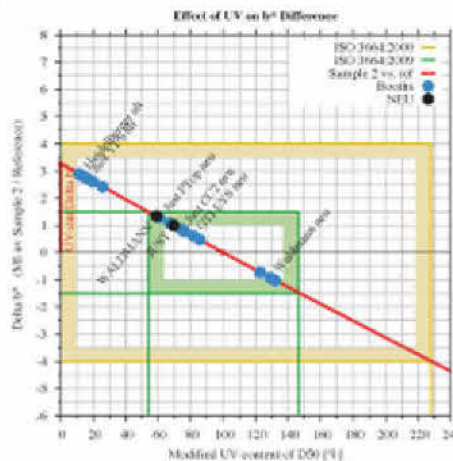
9

DfW-G, 2012, Aachen

3. Berechnung I: UV-Anteil_{GD} (neue Methode)



- Fokus auf den Effekt, d. h. die Anregung typischer Papiere
- Anwendung basiert auf D50 (Metamere)
- Variation des UV-Anteils innerhalb Toleranzen gemäß ISO 3664:2000
 - UV-Anteil_{GD} = 0% → $\Delta b=4$
 - UV-Anteil_{GD} = 230% → $\Delta b=-4$
- Variation des UV-Anteils innerhalb Toleranzen gemäß ISO 3664:2009
 - UV-Anteil_{GD} = 53% → $\Delta b= 1,5$
 - UV-Anteil_{GD} = 148% → $\Delta b= -1,5$
- Darstellung typischer Lichtarten (Abmusterkabinen + Messgeräte) möglich




Quelle: Hoffstedt, 2012

Andreas Kraushaar | andreas@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstedt | johannes.hoffstedt@imgcolor.com

10

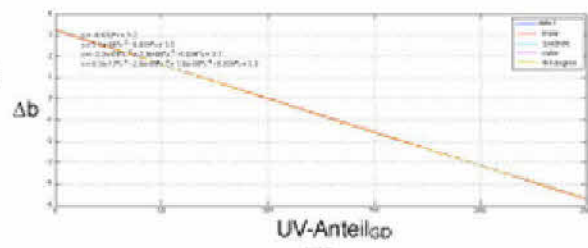
DfwG, 2012, Kärnten

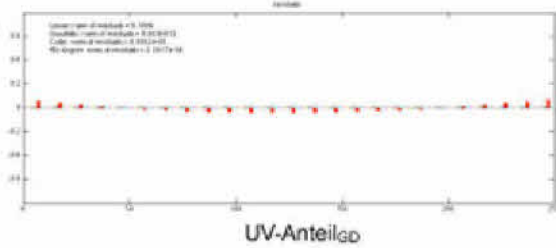
3. Berechnung II: UV-Anteil_{GP} (neue Methode)



Regression:

- ↪ quadratische Anpassung hinreichend genau mit:
a=7E-06
b=-3E-02
- ↪ Lösung:
$$UV - Anteil = \frac{-b - \sqrt{b^2 + 4a \cdot \Delta b}}{2a} + 100$$
- ↪ UV-Anteil_{GP} @ Δb=0,95
- ↪ UV-Anteil_{GP}=70,6%






Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | johannes.hoffstedt@gmgossler.com

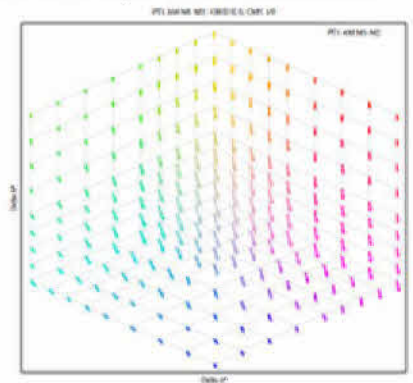
11

DfwG, 2012, Kärnten

4 Aufheller-Charakteristik



- ↪ Modellierung komplex und für praktische Anwendungen (noch) zu ungenau
- ↪ Praktische Erfassung der Aufheller-Charakteristik durch 2 Messungen
 - ↪ ECI2002-Testtafel ohne UV-Anregung (UV-Cut ⇒ ISO 13655:2009 M2)
 - ↪ ECI2002-Testtafel mit D50 UV-Anregung (ISO 13655:2009 M1)
- ↪ Vektorfeld ermöglicht die Analyse des Aufhellereffekts



Quelle: Hoffstedt, 2012

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | johannes.hoffstedt@gmgossler.com

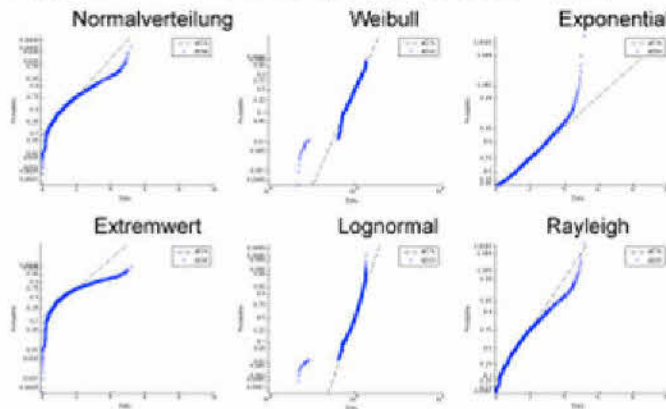
12

DfwG, 2012, Aachen

4 Aufheller-Charakteristik - Fehlerverteilung?



- Die Verteilung folgt keiner der üblichen Verteilungen
- legt empirische Beschreibung nahe
- Fehlerverteilung eines M1/M2 Vektorfelds (Offsetdruck, 60er Raster)



perfekte Übereinstimmung mit Verteilung wäre gestrichelte Gerade

Andreas Kraußhaar | kraus@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstadt | hoffst@fogra.org

12

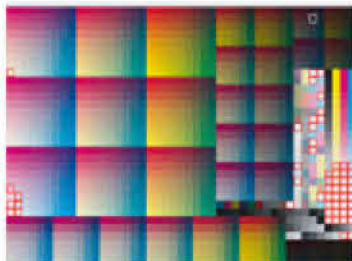
DfwG, 2012, Aachen

4 Aufheller-Charakteristik - Fehlerverteilung

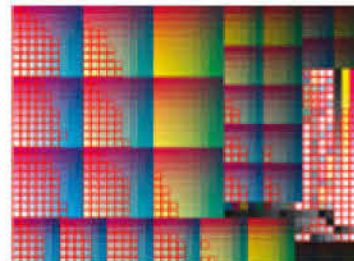


- Die größten Abweichungen liegen im Bedruckstoff (Papier)
- Gelb ist am wenigsten "betroffen", aufgrund der UV-Sperrcharakteristik

$$\Delta E^*_{ab} > 5$$



$$\Delta E^*_{ab} > 2$$



Bsp: Offsetdruck, gestrichenes Papier, 60er Raster

Andreas Kraußhaar | kraus@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstadt | hoffst@fogra.org

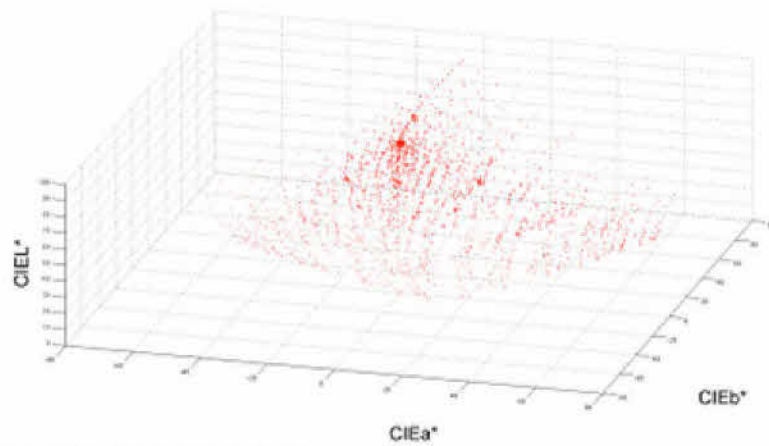
14

DfwG, 2012, Kaden

4 Aufheller-Charakteristik - 1ter Eindruck



- Darstellung der Farbdifferenzen (M1/M2) als Vektorfeld
- hier: 2x vergrößert



Finesse Matt, gestrichenes Papier, 60er Raster

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstede@gm-gossen.com

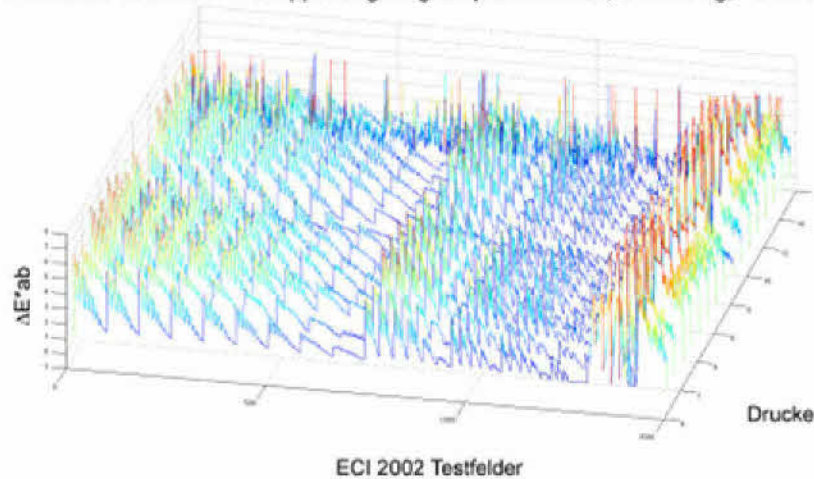
15

DfwG, 2012, Kaden

4 Aufheller-Charakteristik



- Gestrichene Papiere ⇒ Übersicht
- Ähnliches Verhalten ⇒ Gruppierung möglich [Bedruckstoff, Rasterung, Farbmittel]



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstede@gm-gossen.com

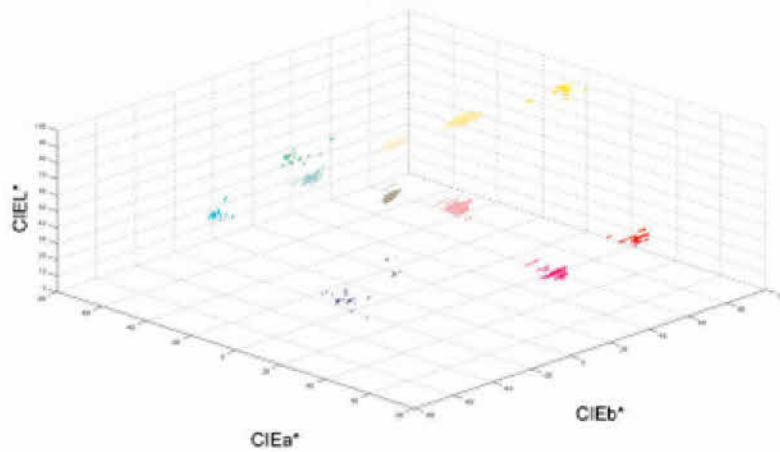
16

DfwG, 2012, Aachen

4 Aufheller-Charakteristik - Detail



- Gestrichene Papiere ⇒ CMYKRGB, Mitteltöne und Papierweiß
- Ähnliches Verhalten ⇒ Gruppierung möglich [Bedruckstoff, Rasterung, Farbmittel]



Andreas Krausehaar | krausehaar@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstadt | hoffstadt@imgcolor.com

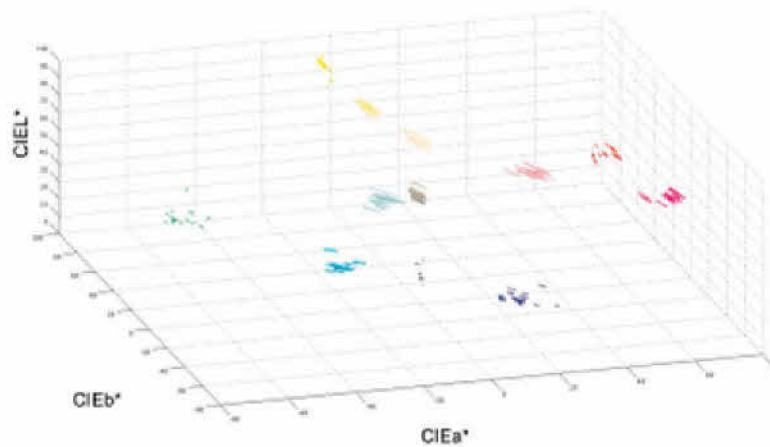
17

DfwG, 2012, Aachen

4 Aufheller-Charakteristik - Detail



- Gestrichene Papiere ⇒ CMYKRGB, Mitteltöne und Papierweiß
- Andere Perspektive



Andreas Krausehaar | krausehaar@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstadt | hoffstadt@imgcolor.com

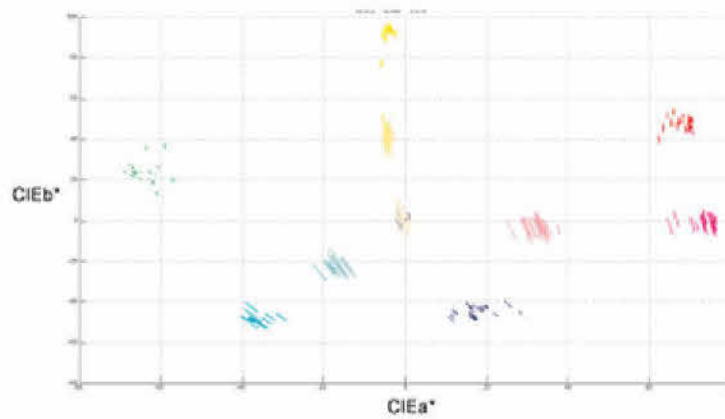
18

DfwG, 2012, Aachen

4 Aufheller-Charakteristik - Detail



- Gestrichene Papiere ⇒ CMYKRGB, Mitteltöne und Papierweiß
- Projektion in CIEa*b*-Ebene



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstedi@gm-gossen.com

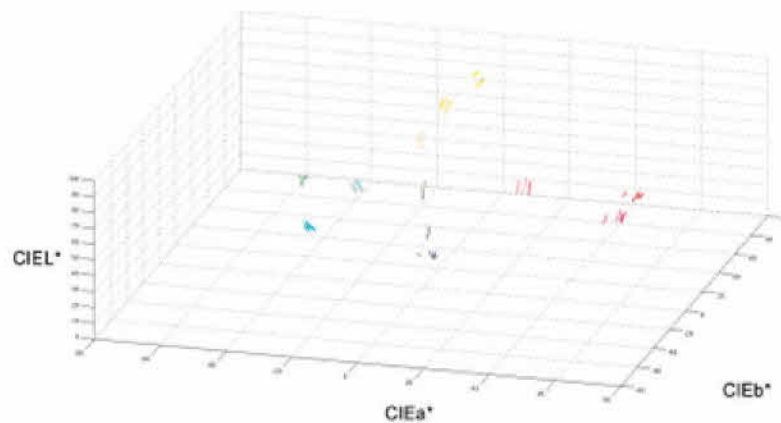
19

DfwG, 2012, Aachen

4 Aufheller-Charakteristik - Detail



- Ungestrichene Papiere ⇒ CMYKRGB, Mitteltöne und Papierweiß
- Ähnliches Verhalten ⇒ Gruppierung möglich [Bedruckstoff, Rasterung, Farbmittel]



Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstedi@gm-gossen.com

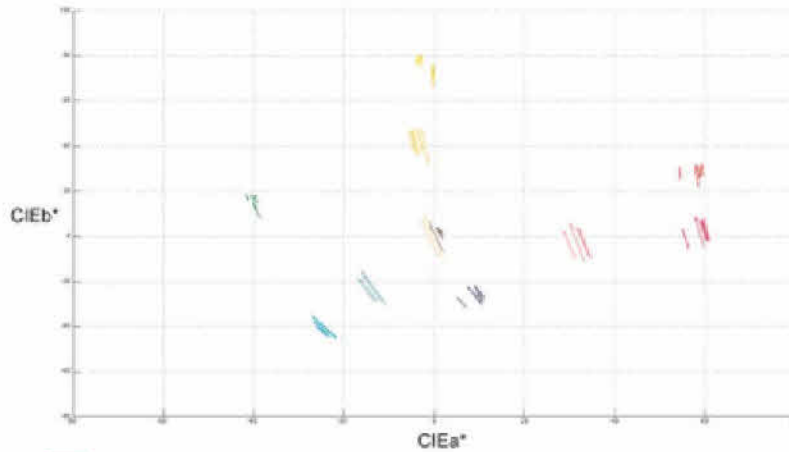
20

DfW-G, 2012, Aachen

4 Aufheller-Charakteristik - Detail



- Ungestrichene Papiere → CMYKRGB, Mitteltöne und Papierweiß
- Projektion in CIEa*b*-Ebene; ähnliche Ausprägung aber größere Unterschiede

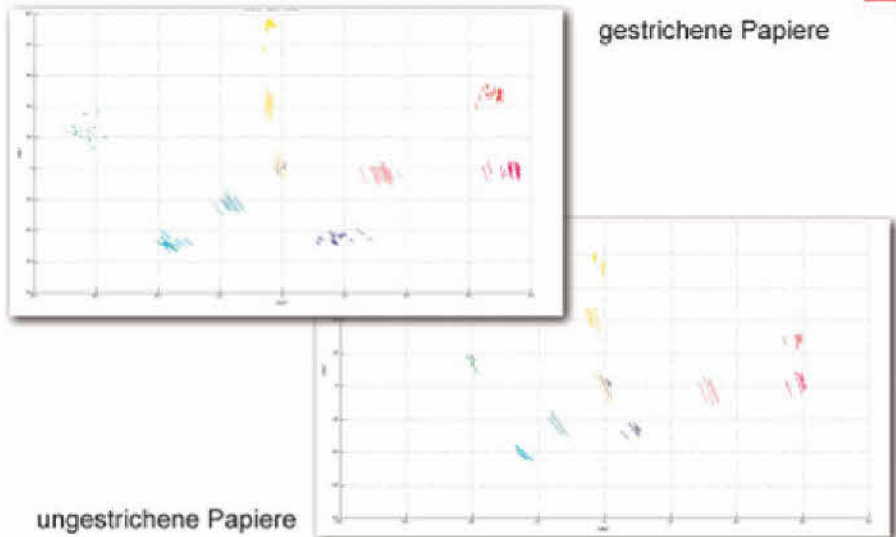


Andreas Kraußhaar | kraus@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstedt | johno.hoffstedt@gmgcolor.com

21

DfW-G, 2012, Aachen

4 Aufheller-Charakteristik - Vergleich



Andreas Kraußhaar | kraus@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstedt | johno.hoffstedt@gmgcolor.com

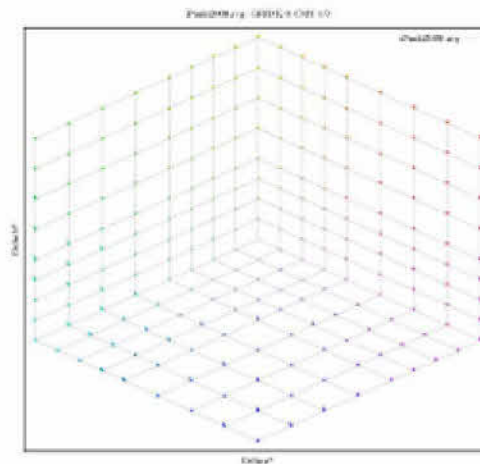
22

DfwG, 2012, Kaden

4 Aufheller-Charakteristik - Einzelabweichungen



Abweichung eines Drucks
(BVS glänzend) vom
Mittelwert (der
gestrichenen Papiere)



Alle ΔLab sind skaliert mit Faktor $-6 / \Delta b \Rightarrow$ dann gemittelt.

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstedt@gmgrosser.com

22

DfwG, 2012, Kaden

4 Aufheller-Charakteristik - Zwischenergebnis



- ↪ Die **qualitativen** Unterschiede sind wie folgt:
 - ↪ Grafische Papiere haben einen ähnlichen Aufhellertyp (Typ 2)
 - ↪ Gestrichene Papiere haben einen geringeren Effekt als Ungestrichene
 - ↪ Die Unterschiede sind überwiegend in der Farbart (weniger in der Helligkeit)
 - ↪ Im Papierweiß sind die Unterschiede am größten
 - ↪ Die Farben Magenta und Cyan reagieren am stärksten
 - ↪ Die Farben Gelb und Grün (Cyan und Gelb) am geringsten
 - ↪ Die Rasterung hat einen farbortabhängigen Einfluss
 - ↪ Weitere Untersuchungen folgen
- ↪ Die **quantitativen** Unterschiede sind wie folgt:
 - ↪ Die gestrichenen Papiere haben im Durchschnitt einen Papierweißunterschied (M1/M2) von $\Delta b=3-6$
 - ↪ Die ungestrichenen Papiere haben im Durchschnitt einen Papierweißunterschied (M1/M2) von $\Delta b=3-10$
 - ↪ Weitere Untersuchungen folgen

Andreas Kraushaar | kraushaar@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstedt | hoffstedt@gmgrosser.com

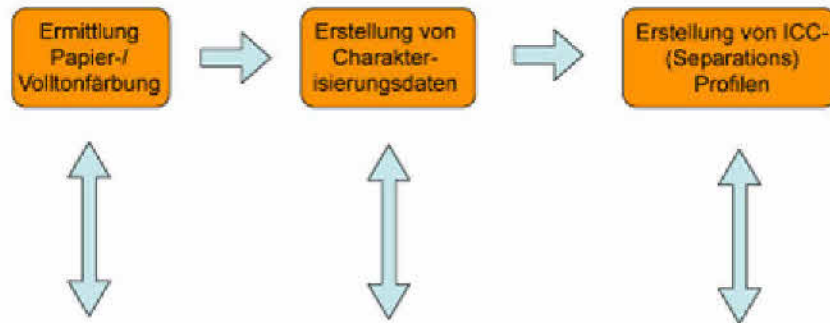
23

DfWG, 2012, Aachen

5. Charakterisierungsdaten und ICC-Profile



- ↪ Gegenwärtige Charakterisierungsdaten (z. B. FOGRA39) basieren auf Messungen mit Messgeräten (Lichtart A ⇒ UV-Anteil_{GD} = 60%)
- ↪ Neue Char.-Daten sind nötig, welche die neue Messbedingung (M1) berücksichtigen



Test auf Konsistenz: Druck - Vorstufe

Andreas Krausehaar | krausehaar@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstadt | hoffstadt@imgcolor.com

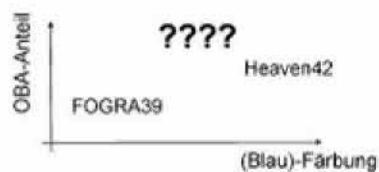
25

DfWG, 2012, Aachen

5. Charakterisierungsdaten und ICC-Profile



- ↪ Erstellung neuer Charakterisierungsdaten
- ↪ Betatesters für den Druck auf gestrichenen und ungestrichenen Papieren
- ↪ Grundkonzept:
 1. Ermittlung der typischen Färbung/UV-Anteil
 2. Berücksichtigung der Färbung und Korrektur auf Basis der XYZ-Skalierung
 3. Anwendung des repräsentativen Vektorfelds
- ↪ Gestrichene Papiere ("Coated Papers") ⇒ FOGRA51
- ↪ Ungestrichene Papiere ("Uncoated Papers") ⇒ FOGRA52
- ↪ Ziel:



Andreas Krausehaar | krausehaar@fogra.org | Dr. Johannes Hoffstadt | hoffstadt@imgcolor.com

26

DfwG, 2012, Aachen

6. Zusammenfassung & Ausblick



- ↪ Bessere Annäherung der Normlichtsimulation in Messtechnik (ISO 13655) und Abmusterung (ISO 3664) im UV-Bereich stellt die grafische Industrie vor neue Herausforderungen
- ↪ Neue Methodik ermöglicht die Bewertung des UV-Anteils anhand des resultierenden Effekts
- ↪ M1/M2-Vektorfelder ermöglichen die qualitative und quantitative Analyse der vielfältigen Einflussfaktoren auf den resultierenden Farbreiz (Strahldichtefaktor)
- ↪ Konzept für die Erstellung von Charakterisierungsdaten bedarf umfassender Tests
- ↪ Weitere Untersuchungen hinsichtlich der Farbadaptation sind nötig

Andreas Kraußhaar | kraussaa@fogra.org & Dr. Johannes Hoffstad | johno.hoffstad@gmgcolor.com

27

Vergleich von Farbabstandsformeln bei mittelgroßen Farbabständen

Eva Lübke, Leipzig

evaluatebbe@aol.com

In der Praxis benötigt man oft mittelgroße Farbabstände, d. h. Farbabstände größer als $\Delta E_{76} = 5$, bis ca. $\Delta E_{76} = 10$. Insbesondere bei dem jetzt häufig verwendeten Druck on demand treten so große Farbabstände auf. Da die modernen Farbabstandsformeln nur für Farbabstände bis zu $\Delta E_{76} = 5$ entwickelt wurden, sollte geprüft werden, wie sie sich in dem Bereich bis $\Delta E = 10$ verhalten. Weiterhin sollte untersucht werden, wie sich der sättigungsbasierte Farbraum für die Beschreibung dieser mittelgroßen Farbabstände eignet.

Da er wesentlich symmetrischer als der LCh-Farbraum ist, besteht die Hoffnung, ihn auch für mittelgroße Farbabstände einsetzen zu können. Leider standen keine visuellen Daten von Farbpaaren für diesen Bereich zur Verfügung und mussten deshalb erst erstellt werden.

Vergleich von Farbabstandsformeln bei mittelgroßen Farbabständen

Eva Lübke

DfwG-Tagung Aachen 2012

Gliederung

- Warum Untersuchungen zu mittelgroßen Farbabständen?
- Druck von Farbpaaren, die sich möglichst nur in einer der Größen ΔL , ΔH oder ΔC unterscheiden
- Ermittlung der visuellen Farbabstände der Probenpaare an Hand einer gemessenen Grauscala
- Vergleich der visuell ermittelten Werte mit den Berechnungen der Farbabstände mit verschiedenen Farbabstandsformeln

Mittelgroße Farbabstände

$$\Delta E_{76} = 5 \dots 10$$

Bei vielen Produktionsprozessen genügt es nicht, Farbabstände bis $\Delta E_{76} = 5$ zu betrachten

So kommen beim Druck on demand Abstände bis maximal $\Delta E_{76} = 15$ vor.

In Zusammenarbeit mit der HTWK Leipzig wurde im Rahmen einer Diplomarbeit der Bereich bis $\Delta E_{76} = 10$ untersucht.

Die visuellen Werte der gewählten Farbpaare wurden aus den Urteilen von 12 Studenten ermittelt. Die Farbpaare befanden sich vor mittelgrauem Hintergrund. Die Skalierung erfolgte anhand einer Grauskala, die auf der Basis der Formel von 1976 erstellt wurde. Die folgende Tabelle zeigt am Beispiel des ersten Farbpaares, wie groß die Schwankungen bei den visuellen Abständen sind.

Probe 1	ΔE -Scala	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Proband	1										1
	2							1			
	3							1			
	4								1		
	5									1	
	6										1
	7										1
	8									1	
	9									1	
	10								1		
	11										1
	12									1	
							Mittelwert				8,75
							Standardabweichung				1,14

Farbabstandsformeln, die in die Untersuchung einbezogen wurden:

$$\Delta E_{CMC}^* = \left[\left(\frac{\Delta L^*}{S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{c S_c} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ap}^*}{S_H} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\Delta E_{04}^* = \left[\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_c S_c} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ap}^*}{k_H S_H} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\Delta E_{99} = \sqrt{\Delta L_{99}^2 + \Delta a_{99}^2 + \Delta b_{99}^2}$$

$$\Delta E_{99} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_c S_c} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ap}^*}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_c S_c} \right) \cdot \left(\frac{\Delta H_{ap}^*}{k_H S_H} \right)}$$

$$\Delta E_s^* = \left[\Delta L^2 + \left(\frac{\Delta a_s^*}{1+0,01145 \cdot S} \right)^2 + \left(\frac{\Delta b_s^*}{1+0,01145 \cdot S} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Die letzte der Formeln verwendet den

Farbabstand auf der Basis der Sättigung

$$S = \frac{C}{\sqrt{L^2 + C^2}} 100 \%$$

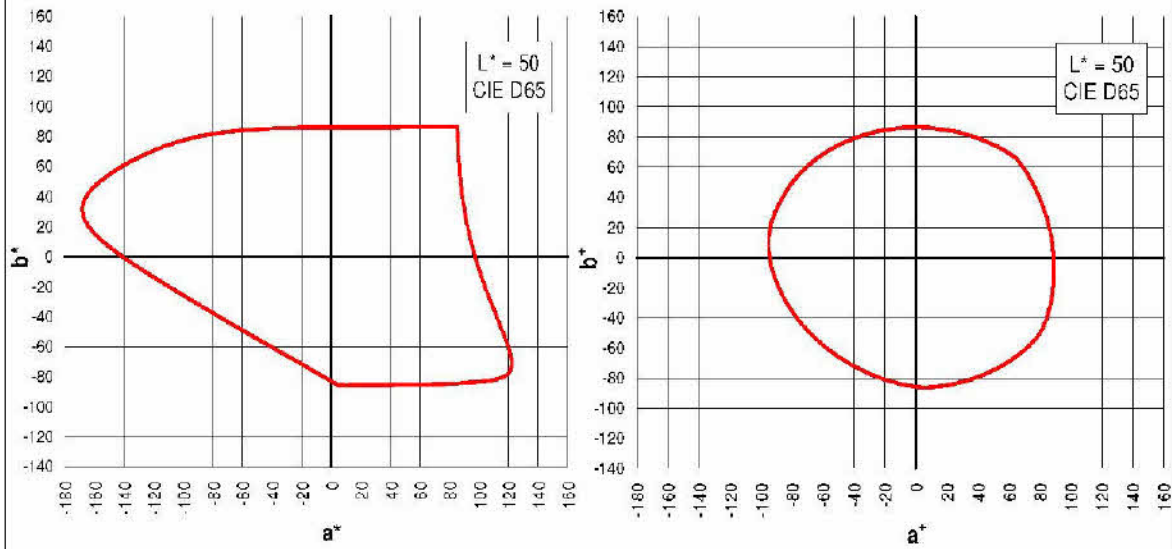
Die folgenden Folien zeigen den Farbraum auf der Basis der Sättigung im Vergleich zum üblichen LCh-Farbraum.

Auch der Farbraum des japanischen Farbsystems PCCS zeigt eine Gestalt, die dem Sättigungsfarbraum sehr ähnlich ist.

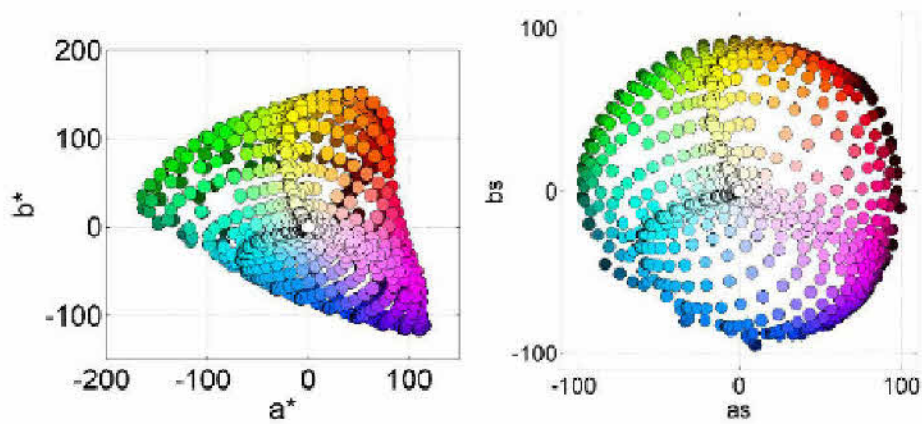
Optimalfarben für L* = 50 im CIELAB-Farbraum

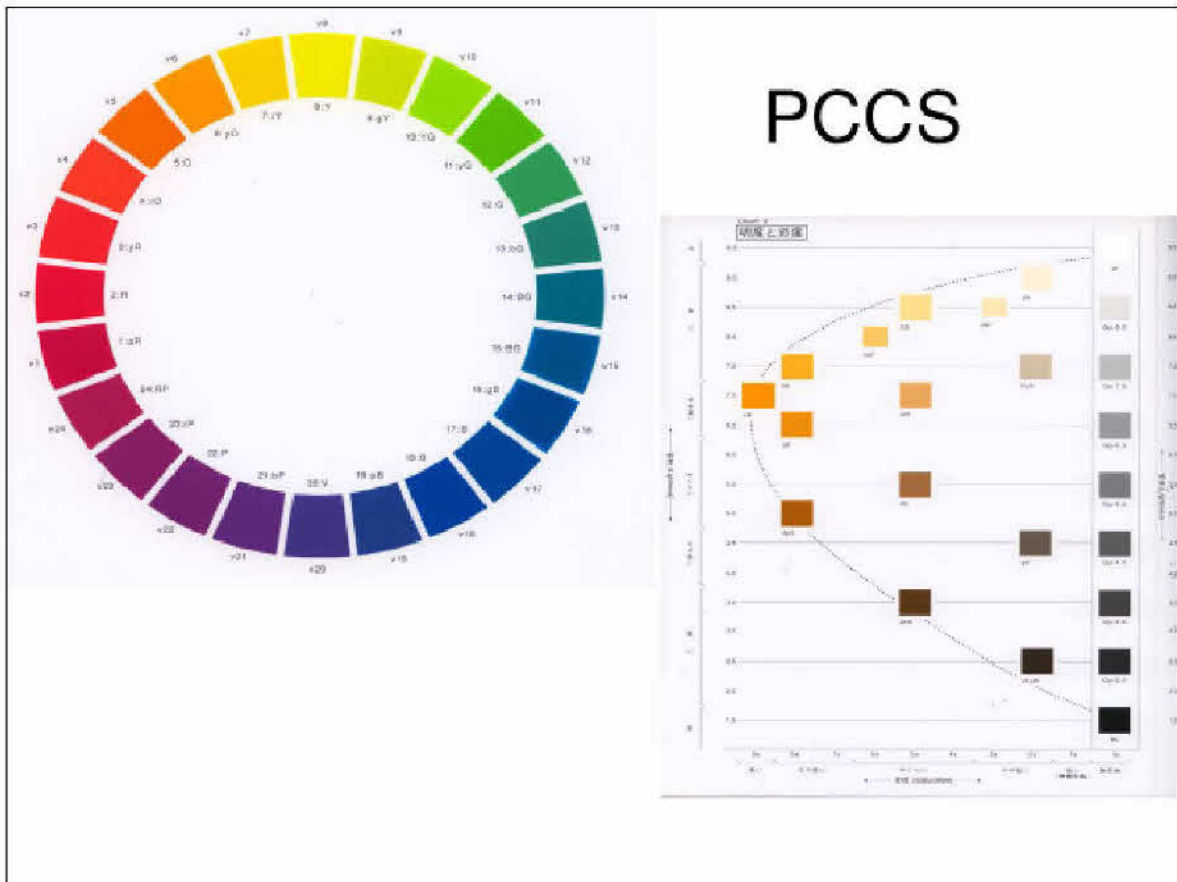
$$a^+ = a^* \cdot \frac{S^+}{C_{ab}^*}$$

$$b^+ = b^* \cdot \frac{S^+}{C_{ab}^*}$$



Optimalfarben in Lab-Farbraum und im LSh-Farbraum





Farbabstand auf der Basis de Sättigung

- Der LSh-Farbraum ist symmetrischer als der LCh-Farbraum
- Abstände gesättigter Farben sind im LSh-Farbraum kleiner als im LCh-Farbraum
- Abstände dunkler, wenig bunter Farben sind größer als im LCh-Farbraum

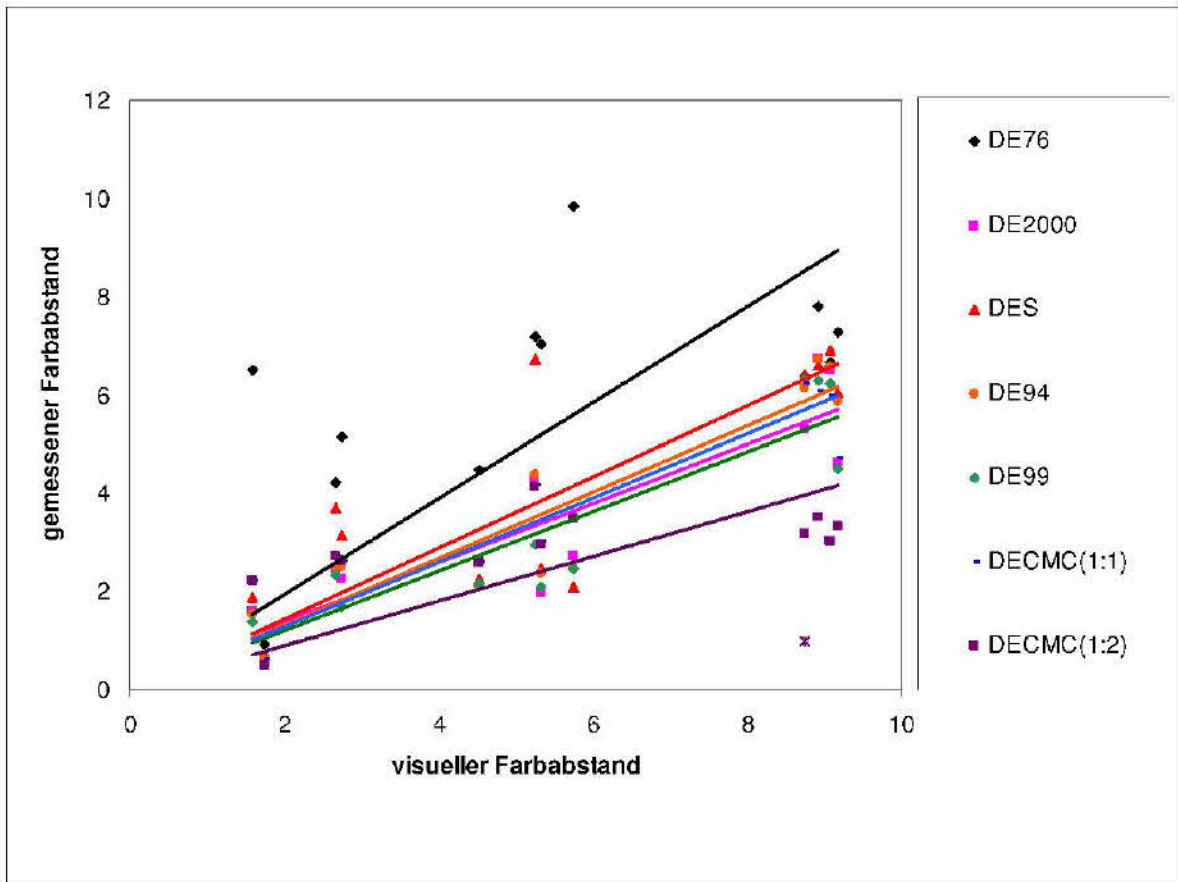
$$\Delta E_s^* = \left[\Delta L^{*2} + \left(\frac{\Delta a_s^*}{1 + 0,01145 \cdot S} \right)^2 + \left(\frac{\Delta b_s^*}{1 + 0,01145 \cdot S} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Die folgende Folie zeigt die Daten der verwendeten Probenpaare.

	L_p^*	a_p^*	b_p^*	L_v^*	a_v^*	b_v^*	ΔL^*	ΔC_{ab}^*	ΔH_{ab}^*
1	35,66	-9,29	-44,94	41,76	-9,69	-46,75	-6,10	-1,85	-0,24
2	38,93	-10,97	-45,50	38,66	-6,77	-45,99	0,27	0,32	4,22
3	39,04	-9,39	-49,60	38,51	-9,02	-42,59	0,53	6,95	-1,01
4	81,40	5,52	72,74	86,80	0,72	73,59	-5,40	-0,64	4,82
5	85,17	2,13	75,03	84,82	6,57	75,14	0,35	-0,37	-4,43
6	85,20	5,05	78,64	85,31	5,64	72,16	-0,11	6,42	-1,06
7	46,95	-32,69	4,74	53,43	-36,99	4,01	-6,48	-4,17	1,26
8	50,33	-33,34	0,83	49,92	-35,88	7,54	0,41	-3,31	-6,37
9	50,39	-35,03	4,28	49,91	-34,44	3,73	0,48	0,65	0,48
10	44,63	66,80	4,16	51,19	66,37	5,17	-6,56	0,36	1,03
11	48,04	65,74	2,44	47,88	66,68	7,49	0,16	-1,31	4,97
12	47,83	71,26	5,32	47,71	61,46	4,42	0,12	9,84	-0,18

Vergleich der Abstandsformeln

	ΔE_{vis}	ΔE_{76}	ΔE_{2000}	ΔE_S	ΔE_{94}	ΔE_{99}	$\Delta E_{CMC(1:1)}$	$\Delta E_{CMC(1:2)}$
1	8,75	6,38	5,30	6,41	6,13	6,34	6,24	3,18
2	2,67	4,24	2,48	3,70	2,50	2,35	2,72	2,71
3	5,33	7,04	1,98	2,46	2,37	2,08	3,01	2,97
4	9,17	7,27	4,62	6,05	5,87	4,52	4,71	3,34
5	4,53	4,46	2,65	2,25	2,11	2,14	2,60	2,59
6	1,58	6,51	1,59	1,90	1,54	1,38	2,22	2,22
7	8,92	7,81	6,73	6,60	6,73	6,28	6,09	3,51
8	5,25	7,19	4,28	6,73	4,39	2,96	4,16	4,14
9	1,75	0,94	0,62	0,71	0,63	0,54	0,61	0,48
10	9,08	6,65	6,51	6,90	6,58	6,24	5,98	3,03
11	2,75	5,14	2,24	3,16	2,51	1,70	2,62	2,62
12	5,75	9,84	2,70	2,09	2,47	2,47	3,50	3,50
	RGP m=	0,98	0,63	0,72	0,67	0,61	0,65	0,45
	Korrelation	0,57	0,90	0,80	0,93	0,92	0,92	0,62



- Die Funktion von 1976 hat mit Abstand die schlechteste Korrelation, aber den besten Anstieg. Ideal wäre der Anstieg 1.
- Die anderen Funktionen verlaufen flacher, d. h. der gemessene Farbabstand der bunten Farbpaare ist zu klein im Verhältnis zur unbunten Skala, die den visuellen Farbabständen zu Grunde liegt.

Schlussfolgerungen:

- Weitere visuell beurteilte Farbpaare im mittleren Farbabstandsbereich sind erforderlich.
- Der Farbabstand auf der Basis der Farbsättigung ist interessant und sollte weiter untersucht werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Visuelle und instrumentelle Geometrien der Farbabmusterung

Warum sich Anwender mit der Farbabmusterung schwer tun

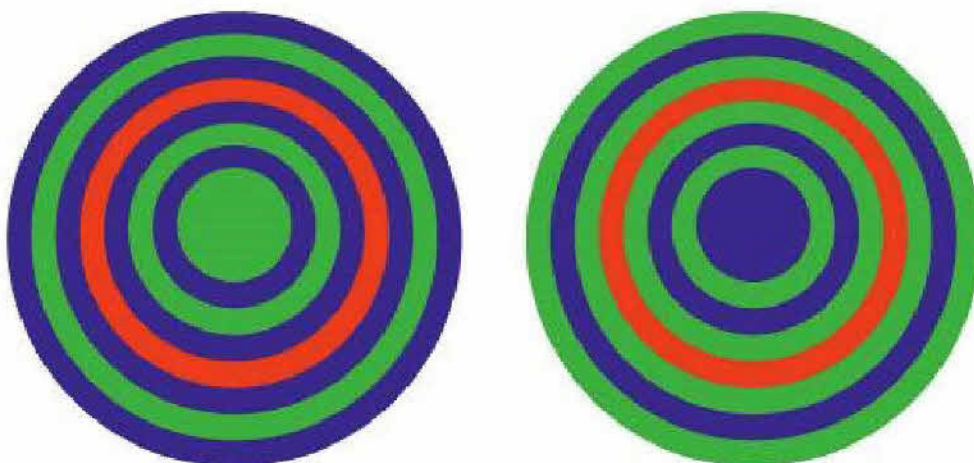
Werner Rudolf Cramer, Münster

info@wrcramer.de

Die instrumentelle Farbmessung hat sich in den vergangenen Jahren als probates Mittel entwickelt, die Kommunikation über Farben zu vereinfachen. Unabhängig von menschlichen Stimmungen, schlechten Launen oder gutem Wetter bietet die instrumentelle Farbmessung eine nahezu objektive Methode, Produktionen im großtechnischen Bereich zu steuern. Nimmt man die Produktionskette im automobilen Bereich als Beispiel, so kauft der Lackhersteller bei verschiedenen Pigmentherstellern ein, um die vom Autohersteller gewünschte Farbe herzustellen. Am Anfang prüft der Pigmenthersteller die Farbe seiner Pigmentcharge. Sind die mit dem Lackhersteller abgesprochenen Lieferbedingungen erfüllt, kann er seine Pigmentcharge an den Lackhersteller schicken. Dieser prüft in der Regel ebenfalls den Pigmenteingang und gibt diesen zur seiner Lackproduktion frei, wenn die Messwerte mit den Lieferbedingungen übereinstimmt und in der ausgemachten Toleranz liegen. Das gleiche Spiel setzt sich dann bei der Lackcharge für den Autohersteller fort: Zunächst prüft der Lackhersteller intern die Lackcharge, bevor er diese an den Autohersteller weiterschickt. Auch dieser überprüft den Lackeingang.

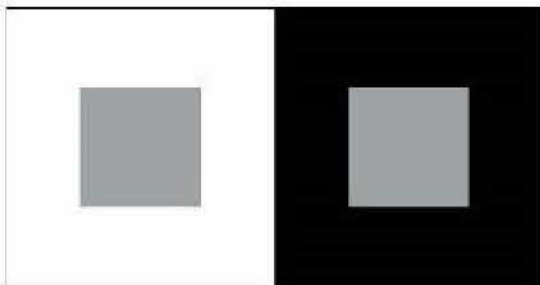
Farben sind Empfindungen

Farben, das sollte jedem Anwender klar sein, sind Reaktionen des menschlichen Auges und Gehirnes auf Lichtwellen. Draußen vor unserem Auge existieren keine Farben! Erst die Umwandlung der Lichtstrahlen, die von Objekten wie beispielsweise Autos reflektiert und vom Auge empfangen werden, führt zu einer Umwandlung dieser physikalischen Lichtstrahlen in physiologische Farbwerte. Im Gehirn passiert diese Umwandlung, die durch psychologische Momente beeinflusst werden kann. So führen sogenannte Umstimmungen dazu, dass wir im Mittagslicht ein weißes Auto genauso weiß empfinden wie in der rötlichen Abendsonne. Oder gleiche rote Flächen, die jeweils von einer blauen oder einer grünen Fläche umgeben sind, erscheinen uns als nicht gleich.



Das gleiche Rot mit gleichen Grün und Blau: Die Anordnung von Grün und Blau entscheiden über die Wirkung des Rots.

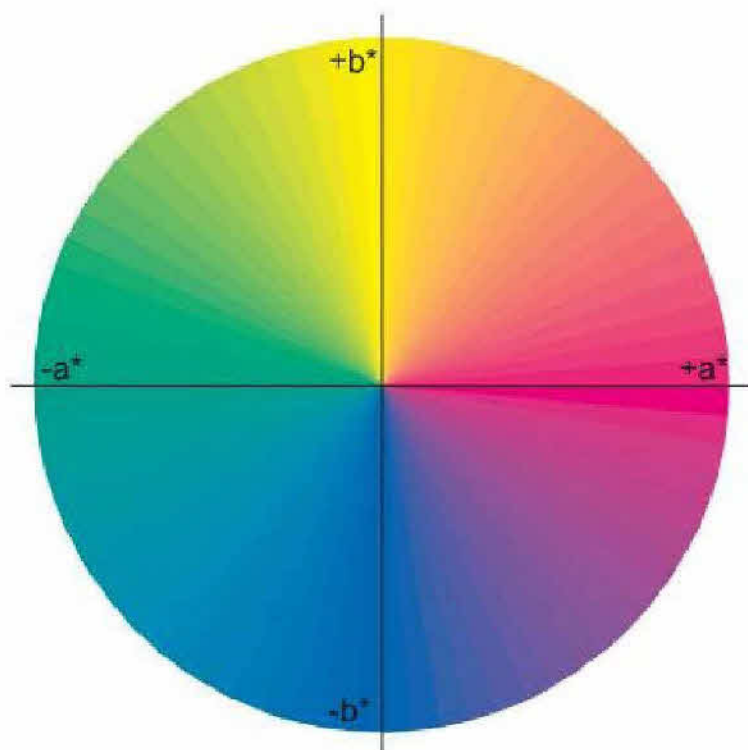
Es gibt viele Beispiele, wie das menschliche Auge und Gehirn getäuscht werden können. All diese Aspekte haben daher den Wunsch hervorgerufen, objektive Farbmessungen vorzunehmen. Hinzu kommen noch zwei Eigenschaften des menschlichen Auge und Gehirns: Es kann erstens hervorragend Farben differenzieren; zwei Musterbleche nebeneinander werden vom Auge als gleich oder nicht gleich bewertet. Zweitens kann das Gehirn keine Farben "parken". Das stellt man dann fest, wenn man zu seinem roten Poloshirt eine farbgleiche Hose kaufen möchte, ohne dass man das Poloshirt zum Vergleich mitnimmt. Im Labor lassen sich Farben nur nachstellen, wenn man die Vorlage und die Nachstellung vergleichen kann.



Silberne Musterbleche erscheinen vor weißem Hintergrund dunkler und vor schwarzem Hintergrund heller. Insofern spielt die Umgebungsfarbe bei der visuellen Abmusterung eine große Rolle.

Physiologische und physikalische Beschreibung

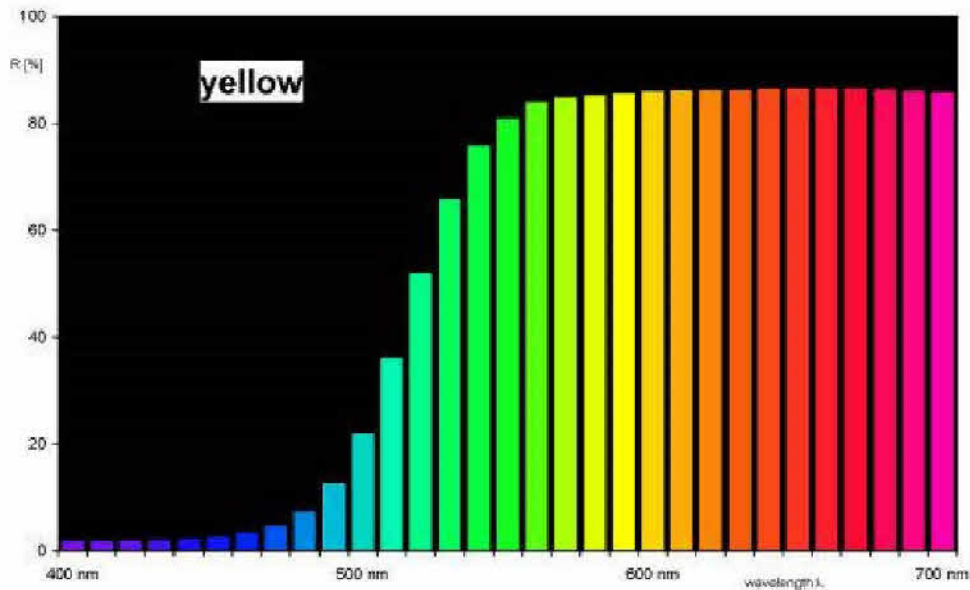
Die ersten Versuche liegen schon über einhundert Jahre zurück, Farben unter physiologischen Gesichtspunkten zu ordnen. Mit Hilfe von Kreiseln, auf denen man sogenannte Gegenfarben aufbrachte, konnte man einen physiologischen Farbkreis aufbauen. Farbkreise, die aufgrund von Farbmischungen zusammengesetzt sind, sind grundsätzlich falsch: Wie schon erwähnt entstehen Farben nur in unserem Kopf und Gehirn. Und der Farbkreis gehört zu deren Phänomen, die beiden Farben am jeweiligen Ende des Spektrums – nämlich Blauviolett und Rot – zum Purpur zusammensetzen. Diese "Verbindungsfarbe" existiert draußen vor dem Auge nicht, sorgt aber dafür, dass wir Farben kontinuierlich empfinden, was schließlich den Farbkreis ergibt: Von Gelb über Orange, Rot, Violett, Purpur, Blau und Grün gelangt man wieder zum Gelb.



Der Farbkreis stellt die Reaktion des Gehirnes auf Farbreize vom Auge dar. In ihm liegen Gelb und Blau sowie Rot und Grün als Gegenfarben gegenüber.

Die physikalische Beschreibung der Farbe – besser der Lichtstrahlen vor dem Auge – erfolgt über Wellenlängen, die das sichtbare

Spektrum von 400 bis 700 nm bilden. Lichtstrahlen mit bestimmten Wellenlängen lösen im Auge einen Farbreiz aus, der dann im Gehirn zu einer Farbempfindung führt. In der realen Welt der Farbpigmente haben wir es aber nicht mit Lichtstrahlen zu tun, die nur eine Wellenlänge besitzen. Das beste Beispiel sind gelbe Farbpigmente: Sie reflektieren nicht nur im gelben, sondern auch im roten und grünen Spektralbereich. Das Gehirn setzt die roten und grünen Anteile – wie der TV- oder PC-Bildschirm auch – zu Gelb zusammen. Das Auge kann nicht unterscheiden, ob das Gelb auf Lichtstrahlen einer einzelnen Wellenlänge (Beispiel Kochsalz) oder sich typischerweise aus mehreren im Spektralbereich von Grün bis Rot zusammensetzt.



Ein gelber Lack reflektiert nicht nur im gelben, sondern auch im roten und grünen Spektralbereich. Da das Gehirn Rot und Grün zu Gelb zusammensetzt, können wir die einzelnen Farbbereiche nicht erkennen.

Die instrumentelle Farbmessung

Die instrumentelle Farbmessung verbindet nun beides: Zunächst erfolgt die physikalische Messung von Lichtstrahlen, die vom Messobjekt reflektiert werden. Vorher wird das Messinstrument kalibriert, so dass eine einheitliche Messung erfolgen kann. Diese Reflexionswerte werden dann in physiologische Werte umgerechnet. Gebräuchlicherweise werden sie als $L^*a^*b^*$ -Werte angegeben: L^* ist der Helligkeitswert, a^* steht für den Wert für Rot mit positivem Vorzeichen, entsprechend Grün mit negativem Vorzeichen. Der b^* -Wert steht für Gelb mit positivem und Blau mit negativem Vorzeichen. Diese Werte definieren eindeutig eine Farbe; werden sie von Deutschland nach China per Telefon oder e-mail übermittelt, so bleiben sie eindeutig. Würde eine gefühlsmäßige Beschreibung auf diesem Wege erfolgen – helles Blau mit einem leichten Grüntich -, so würden die Vorstellungen der Kollegen in Deutschland und China variieren.

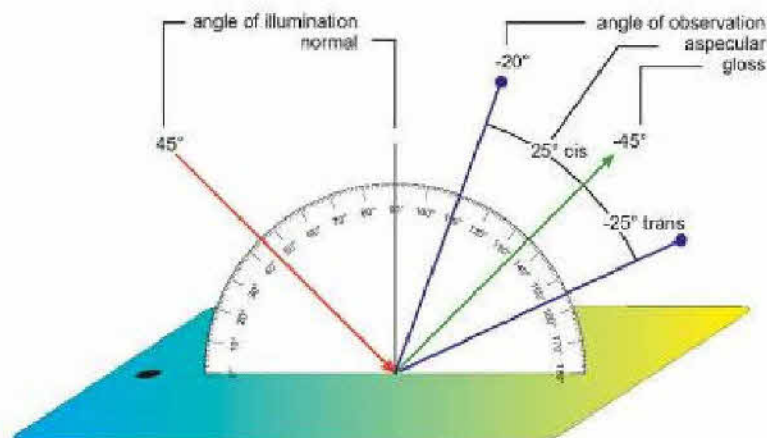
Grundsätzlich sind die Ergebnisse der instrumentellen Messung richtig und sie werden auch durch die visuelle Überprüfung bestätigt. Dennoch tauchen immer wieder Unstimmigkeiten bei den Labormitarbeitern auf, die beispielsweise Farben nachstellen müssen. Die Ursachen liegen aber nicht in der Methode als solcher, sondern in den verschiedenen Anforderungen und Voraussetzungen: Erstens hat die instrumentelle Farbmessung immer mehr Einzug in die Labore

gehalten. Zweitens hat der Anteil von Effektpigmenten und -lacken zugenommen. Drittens bleibt das Auge das entscheidende "Messinstrument", was zur Schlussbeurteilung eingesetzt wird. Und hierbei stimmen in den meisten Fällen die Voraussetzungen nicht überein.

Die bisherigen Darstellungen bezogen sich auf "normale" Farben, die im automobilen Bereich auch als Unifarben (solids) bezeichnet werden. Sie erscheinen in allen Blickwinkeln gleich, da sie in alle Richtungen das Licht reflektieren. Diese ungerichtete Reflexion ist in der Regel unabhängig von Messgeometrien. Moderne Farben in Autolacken, Kunststoffen oder in der Kosmetik beinhalten dagegen Effektpigmente, die sich je nach Beleuchtungs- und Beobachtungswinkel verändert – entweder in der Helligkeit oder zusätzlich in der Farbe. Zu diesen Effektpigmenten zählen Aluminiumpigmente, die sich in ihrer Art und Größe unterscheiden können. Aufgrund des Herstellungsprozesses können sie unregelmäßige Formen als sogenannte Cornflakes oder regelmäßige Formen als Silverdollars einnehmen. Sie ändern insbesondere ihre Helligkeit, wenn der Beobachtungswinkel geändert wird. Die gleiche Reaktion findet man bei weißen Interferenzpigmenten wie dem Xirallic Crystal Silver. Bei den bunten Xirallic-Pigmenten kommt neben der Helligkeitsänderung auch eine Farbverschiebung hinzu.

Geometrien als notwendige Angabe

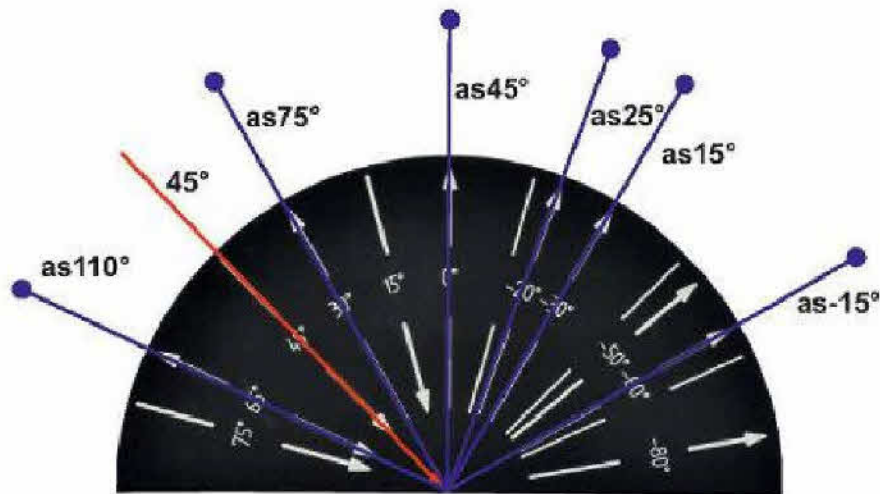
In allen Fällen ist aber eine Beachtung der Geometrien wichtig: Die Messinstrumente haben in der Regel feste Geometrien, die nicht geändert werden können. Die aktuellen tragbaren Instrumente beleuchten das Musterblech oder -probe unter einem Winkel von 45° und messen bei -15°, 15°, 25°, 45°, 75° und 110° vom Glanzwinkel. Diese Angaben geben den jeweiligen Differenzwinkel zum Glanzwinkel wieder und werden als aspecular-Geometrien bezeichnet. Die absoluten Winkel liegen bei -60°, -30°, -20°, 0°, 30° und 65°. Obwohl das optische Gesetz "Einfallswinkel = Ausfallswinkel" gilt, werden hier die Winkel auf der Seite des Glanzwinkels mit negativen Vorzeichen versehen (- 45°).



Die Auswahl dieser Geometrien erfolgte teilweise aus praktischen Gründen, teilweise wurden sie willkürlich gewählt. Ursprünglich waren diese Geometrien zur Messung von Metallicfarben gewählt worden, bei denen der Beleuchtungswinkel nicht die Rolle wie bei Interferenzpigmenten spielt. Versuche zeigen, dass die glanznahen Winkel bei $\pm 15^\circ$ ausreichend sind. Näher am Glanz können insbesondere bei Musterblechen mit Klarlack Artefakte gemessen werden. Der Winkel von -15° aspecular ist im ASTM Standard Practice E2539 festgelegt. Er dient vor allen

Dingen zur Unterscheidung von weißen und bunten Interferenzpigmenten. Im Vergleich zum $+15^\circ$ -Winkel zeigt sich eine Helligkeitsverschiebung bei Metallics und weißen Interferenzpigmenten. Bunte Interferenzpigmente zeigen eine Helligkeits- und Farbverschiebung.

Die Messinstrumente liefern Messwerte, die auf der Basis dieser Geometrien entstehen. Und in der Regel können diese Messwerte und die daraus berechneten Farbwerte $L^*a^*b^*$ nicht grund-

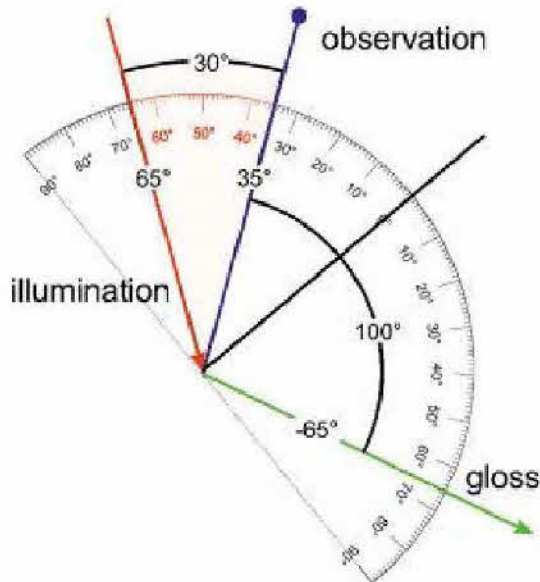
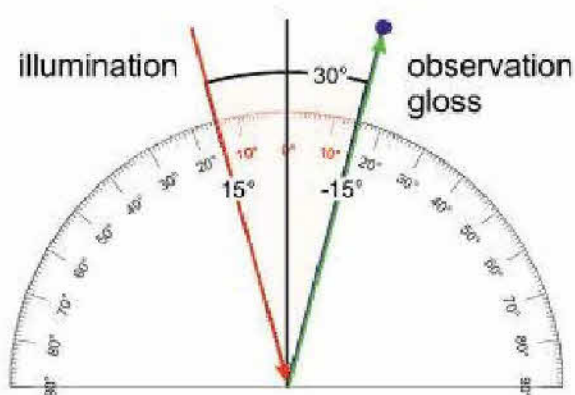


sätzlich falsch sein: Es werden nicht im roten Spektralbereich Reflexionen gemessen, die dann als Grün berechnet werden. Aber woher kommen Unstimmigkeiten zwischen den instrumentellen Messwerten und der visuellen Abprüfung insbesondere bei Effektfarben? Der Grund für diese Unstimmigkeit liegt in den Geometrien! Bei der visuellen Abmusterung in der Lichtkabine oder am Fenster ergeben sich andere Geometrien als die Messinstrumente beim Messen einnehmen. Da Effektfarben extrem von den Geometrien abhängig sind, macht sich die Diskrepanz zwischen Messung und visueller Beurteilung umso stärker bemerkbar umso größer der Effekt ist.

Gehen wir von zwei Situationen bei der visuellen Beurteilung einer Effektfarbe oder zweier Effektfarben im Vergleich aus: Eine Situation spiegelt das Abmusterung am Fenster wider. In der Ausgangsposition hält der Prüfer das Musterblech so, dass es von außen bei 15° von der Normalen beleuchtet wird und der Prüfer in den Glanz schaut. Nun kippt er das Musterblech von sich weg und im zweiten Fall kippt er es zu sich hin. Egal in welche Richtung er das Musterblech kippt, ändert sich der Beleuchtungs- und Beobachtungswinkel – bezogen auf die Blechhorizontale. Die relativen Positionen der Lichtquelle und des Prüfers bleiben aber immer gleich!

Abprüfung am Fenster

Kippt der Prüfer das Musterblech um 5° nun zu sich hin, so ändert sich der Beleuchtungswinkel von 15° auf 20° und entsprechend der Beobachtungswinkel von -15° auf -10° . Hatte der Prüfer zuerst das Blech im Glanz bei -15° (aspecular = 0°) beobachtet, so ändert sich der aspecular-Winkel auf 10° : Differenz zwischen Gloss = -20° und Beobachtung = -10° ist gleich 10° . Kippt er das Musterblech weiter in 5° -Schritten zu sich hin, so vergrößert sich der aspecular-Winkel jeweils um 10° .

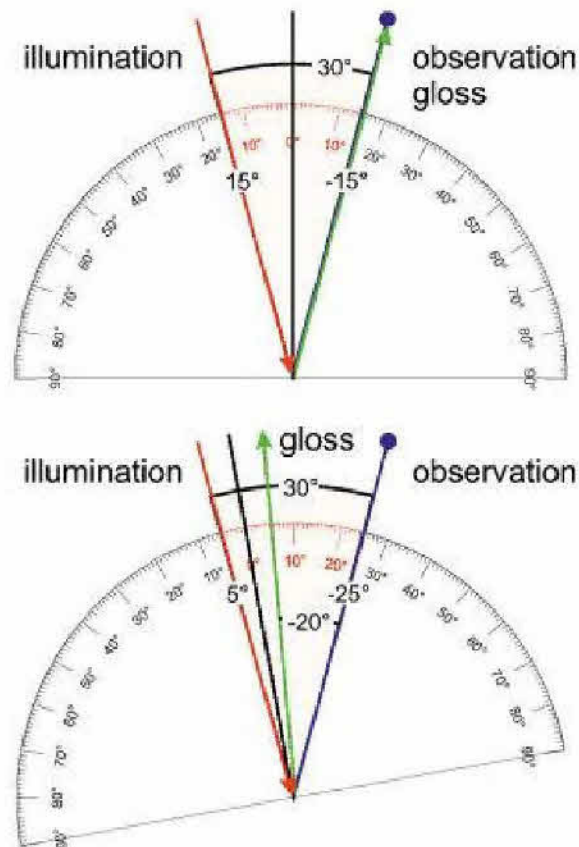


Kippt er das Musterblech zu sich hin, so vergrößern sich der Beleuchtungswinkel und der aspecular-Winkel.

Der umgekehrte Fall, bei dem der Prüfer das Musterblech von sich wegkippt, ist noch interessanter: Kippt er das Musterblech zunächst um 5° von sich weg, so verkleinert sich der Beleuchtungswinkel ebenfalls um 5° auf 10°. Der Beobachtungswinkel vergrößert sich um 5° auf -20°. Daraus ergibt sich ein aspecular-Winkel von -10°, weil der Prüfer hinter dem Glanzwinkel von -10° steht. Diese Position wird auch als trans-Position bezeichnet, weil die Beleuchtung und Beobachtung jeweils auf gegenüberliegenden Seiten des Glanzwinkels liegen. Liegen sie auf der gleichen Seite, so bezeichnet man diese Position als cis-Position.

Im weiteren Verlauf kippt der Prüfer das Musterblech weiter von sich weg, bis der Beleuchtungswinkel 0° erreicht. In dieser Position liegen Beleuchtung und Normale, die senkrecht zum Musterblech steht, überein. Da die relativen Positionen der Beleuchtung und des Prüfers immer gleich 30° bleiben – die beiden Positionen ändern sich zueinander nicht –, ergibt sich in diesem Fall ein aspecular-Winkel von 30°. Kippt der Prüfer nun das Musterblech um weitere 5°, so wechselt die Beleuchtung gegenüber der Normalen die Seite auf -5°. Der Prüfer wandert ebenfalls um 5° weiter auf -35°. Da der Glanzwinkel nun bei +5° steht, erreicht der aspecular-Winkel einen Wert von +40°.

Kippt der Prüfer das Musterblech von sich weg, so verkleinert sich zunächst der Beleuchtungswinkel und der aspecular-Winkel geht in die trans-Position. Er wechselt die Position nach cis,



wenn der Beleuchtungswinkel die Normale erreicht und in den Quadranten der Beobachtung wechselt.

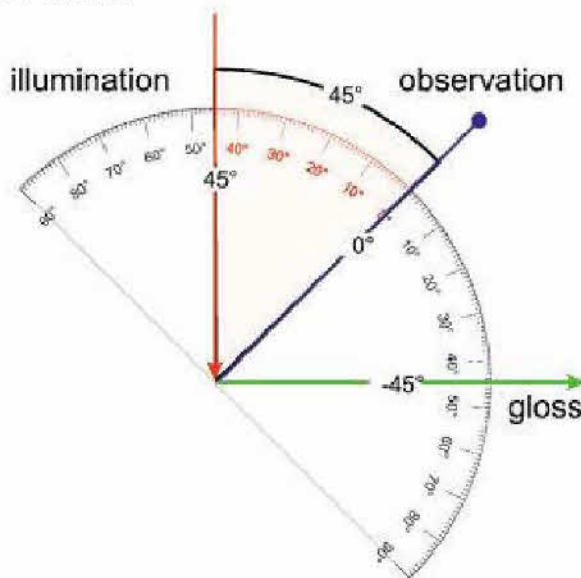
Die aspecular-Winkel springen hier von der trans- zur cis-Position: Von einem aspecular-Winkel von -20° bei einer Beleuchtung von $+5^\circ$ ändert sich dieser zu $+40^\circ$ bei einer Beleuchtung von -5° . In keinem Fall werden von einem portablen Messinstrument diese Geometrien angefahren, so dass ein Vergleich der Messwerte mit einer visuellen Abprüfung am Fenster nicht möglich ist.

Abprüfung in der Lichtkabine

Für die Abprüfung in der Lichtkabine gibt es verschiedene Vorschläge der Autohersteller. In der Regel wird das Musterblech senkrecht von oben beleuchtet und der Prüfer hält dieses beispielsweise um 45° gekippt zu sich. Wie im Falle der Beobachtung am Fenster bleiben die relativen Positionen der Beleuchtung und der Beobachtung immer gleich. In diesem Fall beträgt der fixierte Winkel zwischen Beleuchtung und Beobachtung 45° .

In dieser Ausgangsposition beträgt der aspecular-Winkel 45° . Wie beim Kippen des Musterbleches am Fenster zum Prüfer vergrößert sich der Beleuchtungswinkel. Entsprechend vergrößern sich der Beobachtungswinkel und damit auch der Differenzwinkel (aspecular-Winkel). Kippt der Prüfer das Musterblech um 5° von sich weg, so verkleinert sich der Beobachtungswinkel auf 40° . Der Beobachtungswinkel ändert sich von 0° auf -5° , woraus sich ein aspecular-Winkel von 35° errechnet. Kippt der Prüfer das Musterblech weiter, so verringern sich Beleuchtungs-, Beobachtungs- und Differenzwinkel. Zwischen den Beobachtungswinkeln von 25° und 20° wechseln die Beobachtungswinkel die Positionen von cis nach trans. Dieses entspricht dem Verhalten bei der Beurteilung am Fenster. Und bei weiterem Kippen bleibt der jeweilige Beobachtungswinkel in der trans-Position. Kippt der Prüfer das Musterblech über 0° hinaus, so wechseln

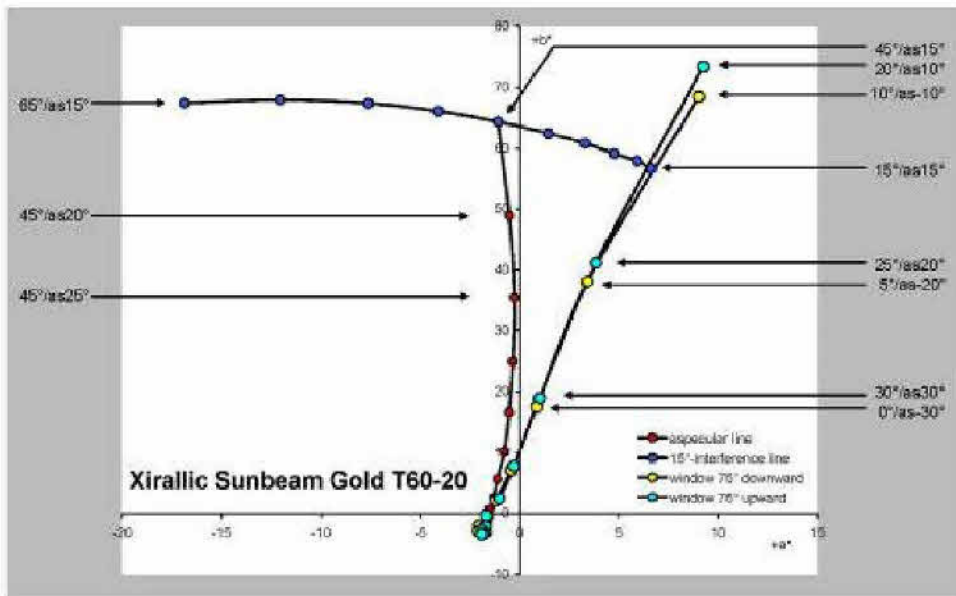
Beleuchtung- und Glanzwinkel die Seite. Dann wechselt auch der aspecular-Winkel wieder zur cis-Position.



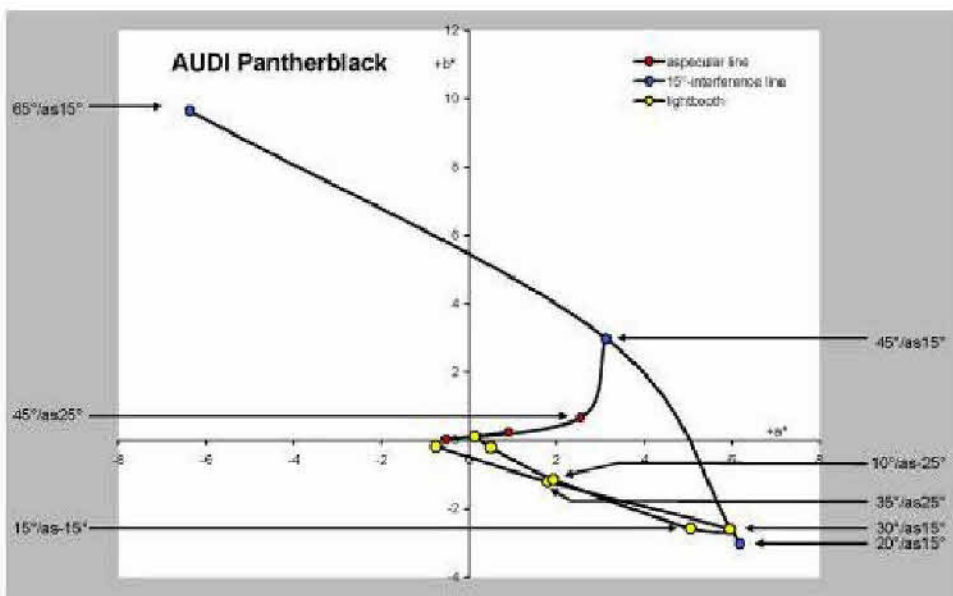
Für das herkömmliche Abmattern in der Lichtkabine gelten die gleichen Aussagen wie für das Abmattern am Fenster: Die Geometrien entsprechen – bis auf die Ausnahme in der Lichtkabine bei einer Beleuchtung von 45° und einer Beobachtung unter 0° - nicht den Geometrien der portablen Messinstrumente. Da Effektpigmente extrem winkelabhängig sind, ist deshalb ein Vergleich der instrumentellen Messung und der visuellen Beurteilung nicht möglich. Beide Methoden sind für die Beurteilung von Effektfarben geeignet, sie bieten allerdings nur ein Teilbild des Effektes.

Nimmt man beispielsweise ein Effektpigment wie das Xirallic Sunbeam Gold, so erkennt man die optischen Eigenschaften in den verschiedenen Messwert-Reihen: Die wichtigste Reihe bildet die sogenannte "interference line". Die Werte ergeben sich bei Änderung von der flachen zur steilen Beleuchtung oder umgekehrt. Bei allen Geometrien ändert sich auch der Beobachtungswinkel so, dass der aspecular-Winkel gleich 15° bleibt. Zur visuellen Nachstellung verändert man die Position des Musterbleches so, dass dieses immer parallel bleibt und von oben (= flache Beleuchtung und flache Beobachtung) nach unten (= steile Beleuchtung und steile Beobachtung) bewegt wird.

Die aspecular-Linie entspricht den Messergebnissen mit den portablen Instrumenten wie dem BYKmac oder dem X-Rite MA94. Und die visuelle Linie zeigt den Farbverlauf, wenn das Musterblech am Fenster oder in der Lichtkabine auf und ab gekippt wird. Hierbei ist deutlich zu erkennen, dass die Linie sich zur interference line hin bewegt, um sich dann wieder mit steigendem aspecular-Winkel von dieser entfernt. Beide Messlinien – die aspecular-Linie der instrumentellen Messung und die der visuellen Abprüfung – zeigen verschiedene Farbwerte. Der Grund liegt in den unterschiedlichen Geometrien beider Methoden. Da die Farben der Effektpigmente von den Geometrien der Beleuchtung und Beobachtung abhängen, ergibt sich keine Übereinstimmung.



Die blaue Interferenzlinie spiegelt die optischen Eigenschaften des Interferenzpigmentes wider. Bei gleichem aspecular-Winkel ändert sich die Beleuchtung von steil nach flach. Die rote aspecular-Linie bildet sich aus den Messwerten der portablen Messinstrumente mit fester Beleuchtung bei 45°. Die Nachstellungen der visuellen Abprüfung verlaufen anders als die aspecular-Linie. Insofern ist kein Vergleich möglich.



Pantherschwarz ist eine Serienfarbe von Audi mit dem Colorstream-Pigment Viola Fantasy. Die Messwerte der Interferenzlinie lassen sich visuell überprüfen, wenn das Musterblech parallel von oben nach unten bewegt wird, so dass sich Beleuchtung und Beobachtung von flach nach steil ändern. Die aspecular-Linie der instrumentellen Messung stimmt auch hier nicht mit der visuellen Abprüfung in der Lichtkabine überein.

